MARIANO ARTIGAS

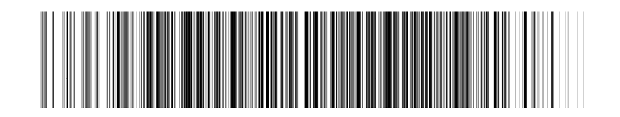
FILOSOFÍA DE LA NATURALEZA

Quinta edición

Filosófica

EUNSA

FILOSOFÍA DE LA NATURALEZA



FILOSOFÍA DE LA NATURALEZA

Quinta edición



EDICIONES UNIVERSIDAD DE NAVARRA, S.A.
PAMPLONA

Ediciones Universidad de Navarra, S.A. (EUNSA)
Plaza de los Sauces, 1 y 2. 31010 Barañáin (Navarra) - España
Teléfono: +34 948 25 68 50 - Fax: +34 948 25 68 54
e-mail:eunsa@cin.es

Primera edición: Febrero 1984
Quinta edición: Enero 2003

ISBN: 84-313-2052-4
Depósito legal: NA 28-2003

Imprime: LINE GRAFIC, S.A. Hnos. Noáin, 11. Ansoáin (Navarra)

Printed in Spain - Impreso en España

Índice general

SEGUNDA PARTE

Prólogo

Este libro del profesor Mariano Artigas sobre la Filosofía de la Naturaleza que tengo la satisfacción de presentar responde a unos objetivos comunes en los que cada uno de nosotros ha estado comprometido en sus investigaciones y docencia desde hace ya bastantes años. No es éste el lugar para que me detenga en el constante diálogo que hemos mantenido en este período, precisamente en torno a esos objetivos, ni tampoco en el camino que precede y prepara esta publicación. Basta señalar el manual anterior, publicado por los dos en sucesivas ediciones desde 1984.

El que ahora sale a la luz es su natural continuación y desarrollo. Mi ausencia como autor no representa en absoluto mi disociación respecto a sus contenidos (ni mucho menos en mis estudios sobre la materia). Al contrario, creo que este manual responde plenamente a lo que se necesita. Como receptor ahora del texto, quiero sobre todo agradecer de veras a Artigas, con algún atrevimiento diría que en nombre de todos sus lectores, la bella y profunda síntesis que nos ofrece de la filosofía natural (anticipada de otro modo en su trabajo *La inteligibilidad de la naturaleza*). Su conocida competencia, también como filósofo de la ciencia que a la vez es físico, explica un resultado para mí tan halagüeño. Pero lo que especialmente me agrada, si se me permite usar este verbo de sabor subjetivo, es que un libro de texto como el presente asegura un porvenir a la filosofía de la naturaleza.

Y aquí tocamos, al menos en parte, esos objetivos comunes a los que me refería arriba. No creo que hoy se pueda hacer una filosofía especulativa y metafísica (incluyendo la antropología) de espaldas a las ciencias. Esta tarea de reconducir el pensamiento filosófico y científico a una unidad de comprensión (ciertamente "analógica") pasa necesariamente por la filosofía de la naturaleza. Sólo así se podrá superar la gran fractura que se produjo en la antigua cosmovisión, cuando la metafísica tradicional asistió al advenimiento de la ciencia moder-

na. Con notable amplitud de miras, Artigas consigue en este libro dar una visión filosófica de fondo de las realidades naturales del mundo material que concilia los aspectos perennes del planteamiento metafísico clásico con la nueva cosmovisión de la naturaleza que emerge de la ciencia moderna, sin un concordismo extrínseco, sino repensando los temas desde su raíz. Y además en esta tarea tiene presente a la epistemología, como necesaria mediadora entre la ciencia y la filosofía, justamente porque la presencia del elemento gnoseológico no puede despreciarse en un planteamiento realista aristotélico (no platónico).

La filosofía de la naturaleza, un poco olvidada por los filósofos académicos, está desde hace ya tiempo renaciendo, de modo no sistemático pero muy eficaz, en las anotaciones de los científicos actuales, en las presentaciones informales y a título de síntesis que salen una y otra vez, de mil modos, en revistas, libros y otros medios de comunicación. A todas las personas medianamente instruidas hoy les están llegando continuas ideas filosóficas sobre el mundo, la vida, el hombre, ideas que van poco a poco cristalizando en una determinada percepción de la naturaleza. Sobre esta base se elaboran hoy los grandes proyectos tecnológicos de la humanidad y se va perfilando una visión del hombre no exenta de puntos problemáticos.

La intervención del filósofo puede arrojar mucha luz en este natural proceso, lleno de luces y oscuridades. El método más deseable para hacerlo, en mi opinión, es muy parecido al empleado por Aristóteles en su tiempo. Se trata de dar categoría metafísica a lo que nos llega del ser natural mediante los diversos accesos teóricos y experienciales que nos ofrece el mundo en que vivimos. El libro de Artigas se coloca claramente en esta ruta. Veo en un trabajo como éste, aparte de su evidente utilidad para los estudiantes a causa de sus méritos expositivos, una importante contribución para toda la filosofía y para el actual debate que busca la armonía entre la fe cristiana y los conocimientos científicos.

JUAN JOSÉ SANGUINETI
Facultad de Filosofía
Universidad Pontificia de la Santa Cruz, Roma

PRIMERA PARTE

Capítulo I

Introducción: la naturaleza y su estudio filosófico

Podemos estudiar la naturaleza bajo dos perspectivas: la científica y la filosófica. Las ciencias buscan explicaciones de los fenómenos naturales en términos de otros fenómenos o causas, adoptando puntos de vista particulares. En cambio, la filosofía de la naturaleza busca explicaciones que se refieren al «ser» y a los «modos de ser» de las entidades y procesos naturales. Estas dos perspectivas son autónomas, pero se encuentran relacionadas. Adoptan diferentes puntos de vista, pero las ciencias se apoyan en unos supuestos filosóficos y la filosofía debe contar con los conocimientos científicos.

En este capítulo se expone una introducción general a la filosofía de la naturaleza (apartado primero), seguida por una introducción histórica (apartado segundo), y después se propone una caracterización de la naturaleza que será utilizada como base de las reflexiones contenidas en el resto del libro (apartado tercero).

1. Introducción general

La filosofía de la naturaleza es la rama de la filosofía que se ocupa del mundo natural o físico. Vamos a ver en qué consiste esa reflexión filosófica sobre la naturaleza y cuál es su valor. Esto nos exigirá considerar también cuál es el alcance de las ciencias naturales, puesto que existe una estrecha relación entre esas ciencias y la filosofía de la naturaleza.

1.1. *La reflexión filosófica sobre la naturaleza*

La filosofía estudia toda la realidad a la luz de la razón natural. Más allá de los conocimientos particulares proporcionados por las ciencias, busca las explica-

ciones más radicales que se pueden dar de la realidad; por esto suele decirse que estudia la realidad a la luz de sus causas últimas, o que se pregunta por el ser de la realidad.

Siguiendo una distinción clásica, son tres los objetos principales de la reflexión filosófica: el mundo, el hombre, y Dios. La filosofía de la naturaleza es la reflexión filosófica acerca del mundo, entendiendo por mundo el mundo natural o físico: tanto los seres inanimados (las estrellas y los planetas, los componentes físico-químicos de la materia, y los compuestos físico-químicos), como los seres vivientes.

1.2. *Relaciones con otras áreas de la filosofía*

La *antropología* estudia la persona humana. Puesto que el hombre es parte de la naturaleza, aunque al mismo tiempo la trasciende, existe una estrecha relación entre la antropología y la filosofía de la naturaleza. Sin duda, la persona posee dimensiones espirituales que no se reducen al nivel material; sin embargo, es un ser unitario y, por consiguiente, el estudio de la persona debe contar con los resultados de la filosofía de la naturaleza. Por otra parte, el ser humano constituye, por así decirlo, el horizonte al que tiende la filosofía de la naturaleza, dado el lugar central que ocupamos dentro del mundo natural.

Es interesante señalar que las principales dificultades que puede encontrar la antropología provienen de la filosofía de la naturaleza. En efecto, el enorme progreso de las ciencias naturales lleva, en ocasiones, a pretender explicar completamente la persona humana en términos de sus componentes físicos, químicos y biológicos. Se trata de un reduccionismo ilegítimo que extrapola indebidamente los conocimientos científicos fuera de su área propia. La filosofía de la naturaleza desempeña un papel insustituible en la clarificación de estos problemas.

La filosofía de la naturaleza proporciona también parte de la base sobre la cual se construye la *teología natural*. En efecto, nuestro conocimiento natural de Dios no es inmediato: utilizando nuestras fuerzas naturales, sólo le conocemos a través de las cosas creadas. También en este campo existen posiciones naturalistas según las cuales el mundo podría explicarse sin necesidad de recurrir a Dios, y la clarificación de estos equívocos requiere la reflexión sobre la naturaleza propia de la filosofía natural.

La filosofía de la naturaleza sirve, asimismo, como base para la *metafísica*, que estudia los principios últimos del ser como tal, aplicables tanto a lo material como a lo espiritual. Nos remontamos a las leyes generales del ser a través de la reflexión acerca de la naturaleza. Es difícil, por no decir imposible, construir una metafísica rigurosa sin contar con una reflexión igualmente rigurosa sobre el mundo físico.

1.3. *Filosofía y ciencias naturales*

Las ciencias naturales tienen en común un objetivo general: concretamente, buscan un conocimiento de la naturaleza que pueda ser sometido a control experimental. Ese requisito viene a ser una exigencia mínima que debe cumplir cualquier explicación para ser admitida dentro de la ciencia experimental[1].

La filosofía de la naturaleza debe tomar en cuenta los conocimientos alcanzados por las diferentes ramas de la ciencia experimental. Pero su enfoque es diferente, ya que, como queda dicho, se pregunta por las causas últimas de la naturaleza y propone explicaciones generales que van más allá de lo que se busca en la ciencia experimental. Por ejemplo, propone los conceptos de substancia, o de potencialidad y actualidad, para explicar determinadas características de la naturaleza; tales conceptos, en cambio, no son un tema propio de ninguna disciplina científica: las ciencias estudian las substancias y las potencialidades naturales, pero no se preguntan por la noción misma de substancia o de potencia tal como lo hace la filosofía.

La filosofía de la naturaleza necesita de las ciencias, en diferente medida según los temas que estudia. A veces, la experiencia ordinaria proporciona suficiente base para la reflexión filosófica. No obstante, también en esos casos es interesante contar con las ciencias, para garantizar que nuestra interpretación de la experiencia ordinaria es correcta.

A su vez, las ciencias se construyen sobre unos supuestos que no son objeto del estudio científico, pero constituyen sus premisas necesarias. En concreto, las ciencias suponen que existe un orden natural que, además, puede ser conocido mediante argumentaciones en las que la experimentación desempeña un papel central. El éxito de la ciencia justifica la validez de esos supuestos, los amplía y los precisa. Por ejemplo, el progreso científico nos permite construir imágenes del mundo, o cosmovisiones, que unifican en una imagen unitaria los diferentes conocimientos que obtenemos acerca de la naturaleza. Para construir una cosmovisión es necesario interpretar los conocimientos científicos y unificarlos, lo cual requiere una dosis de reflexión filosófica.

El desarrollo riguroso de la filosofía de la naturaleza sirve para evitar el riesgo de extrapolar los métodos y resultados científicos fuera de su ámbito propio. El progreso científico fácilmente puede interpretarse equivocadamente si no se dispone de una buena filosofía de la naturaleza. Por ejemplo, cuando la ciencia experimental moderna nació sistemáticamente en el siglo XVII, se presentó acompañada por el mecanicismo, según el cual lo natural puede explicarse completamente mediante el desplazamiento de partes materiales; en realidad, el me-

1. Para un análisis amplio de la objetividad y la verdad en la ciencia experimental, puede verse: Mariano ARTIGAS, *Filosofía de la ciencia experimental. La objetividad y la verdad en las ciencias*, 2.ª ed., EUNSA, Pamplona 1992.

canicismo no es ciencia, sino una mala filosofía: sin embargo, durante bastante tiempo ha ejercido una influencia notable, presentándose como si fuera una parte o una consecuencia del progreso científico, cuando realmente no lo es.

La filosofía de la naturaleza y las ciencias naturales corresponden a enfoques diferentes, pero complementarios. De hecho, esa complementariedad fue respetada hasta que, en el siglo XIX, el idealismo pretendió invadir el terreno de las ciencias y los científicos sintieron que la filosofía no les ayudaba, sino que les ponía obstáculos. La reacción anti-filosófica cristalizó en el *cientificismo*, que consideraba a la ciencia experimental como el único conocimiento válido de la realidad; una de sus variantes más importantes fue el *positivismo*, que pretendía reducir la ciencia a establecer relaciones entre fenómenos observables, evitando todo lo que traspasara ese límite. En realidad, el cientificismo es contradictorio, pues niega el valor de todo conocimiento que no se consiga mediante la ciencia, y esta tesis no es el resultado de ninguna ciencia. Además, el positivismo establece un requisito que ni siquiera puede ser cumplido por las ciencias, cuyo progreso requiere que vayan mucho más allá de lo que se puede observar en la experiencia.

1.4. *Valor y alcance de la filosofía de la naturaleza*

La experiencia desempeña un lugar importante dentro del método de la filosofía. Aunque la filosofía de la naturaleza no busca un conocimiento detallado tal como el que proporcionan las ciencias, debe basarse en el conocimiento proporcionado tanto por la experiencia ordinaria como por las ciencias. No es posible someter las explicaciones filosóficas a control experimental como se hace en las ciencias; pero esas explicaciones deberán ser abandonadas cuando no correspondan a los conocimientos particulares bien fundados en la experiencia y en las ciencias.

El valor de las explicaciones filosóficas depende de dos factores. En primer lugar, deben responder a problemas auténticos, bien planteados. Y además deben resolverlos de modo satisfactorio.

La existencia de genuinos problemas filosóficos es negada por quienes afirman que sólo hace falta explicar de qué están compuestas las cosas y cómo funcionan. Sin duda, estas dos preguntas son importantes, y constituyen el tema principal de las ciencias naturales. Sin embargo, no agotan los problemas que la naturaleza plantea a la mente humana. Por ejemplo, podemos preguntarnos por la explicación última del orden que existe en la naturaleza; las ciencias nos proporcionan explicaciones cada vez más detalladas sobre ese orden, pero ese conocimiento, lejos de apagar el interés por las preguntas radicales, más bien lo aumenta. Cuando más avanzan las ciencias, más asombroso resulta el orden que existe en la naturaleza. Otros problemas se refieren a la explicación de las entidades, procesos, y propiedades de la naturaleza de modo general, más allá de los conocimientos particulares proporcionados por las ciencias.

Una vez admitido que existen genuinos problemas filosóficos, ¿cómo podemos valorar las soluciones que se proponen? Ciertamente, en filosofía no podemos recurrir al control experimental del mismo modo que se hace en las ciencias. Sin embargo, la validez de las soluciones debe juzgarse recurriendo a los mismos cánones básicos, o sea, a la lógica y a la experiencia. Como ya se ha dicho, las soluciones deben ser coherentes con los datos disponibles. Y también deben ser satisfactorias desde el punto de vista lógico: deben estar exentas de contradicción, y debe ser posible utilizarlas para explicar los problemas que se intenta resolver. Obviamente, no existe un criterio automático de validez filosófica: el valor de las explicaciones debe ser establecido en cada caso concreto.

El alcance de la filosofía de la naturaleza es diferente en los diferentes casos. En principio, podemos esperar que los conceptos más importantes serán relativamente poco numerosos, puesto que no buscamos un conocimiento detallado como lo hacen las ciencias. En la medida en que obtengamos explicaciones que se refieren a características esenciales de la naturaleza, esas explicaciones tendrán un valor permanente. Comprobaremos, en efecto, que algunos conceptos filosóficos propuestos hace muchos siglos mantienen su validez, aunque eventualmente debamos explicarlos de un modo más acorde con los conocimientos actuales. Por otra parte, teniendo en cuenta el enorme progreso de las ciencias, es de suponer que muchas explicaciones de la filosofía de la naturaleza deberán ser revisadas periódicamente. En cualquier caso, aquí centraremos nuestra atención en los problemas más básicos y las explicaciones más permanentes, examinando unos y otras a la luz de los conocimientos científicos actuales.

1.5. *Temas y problemas*

La filosofía de la naturaleza abarca una temática muy amplia, ya que se extiende desde el átomo hasta el universo, e incluye a los vivientes y al hombre en cuanto ser natural. Se pregunta, además, por el significado de la naturaleza y por su fundamento radical; por tanto, constituye el puente lógico entre el conocimiento ordinario, las ciencias y la metafísica.

Aquí estudiaremos los temas básicos de la filosofía de la naturaleza a la luz de la cosmovisión actual. Comenzamos proponiendo una caracterización de la naturaleza, que se basa en dos características fundamentales: el dinamismo y la estructuración espacio-temporal; y mostramos que esa caracterización representa adecuadamente lo natural frente a lo espiritual y lo artificial. Este punto de partida es coherente con la cosmovisión científica actual, y permite abordar los problemas de la filosofía de la naturaleza bajo una nueva óptica, que va poniendo de manifiesto que en la naturaleza coexisten dimensiones físicas (relacionadas con la estructuración espacio-temporal), ontológicas (modos de ser y de actuar), y metafísicas (que fundamentan el ser y la actividad de la naturaleza).

En los cinco capítulos que constituyen la primera parte examinaremos el concepto de naturaleza, las entidades naturales, el dinamismo natural, el orden de la naturaleza, y la estructura hilemórfica de los entes naturales. En los seis capítulos de la segunda parte ampliaremos nuestra consideración a las dimensiones cuantitativas y cualitativas de lo natural, a la causalidad de los seres naturales, a los vivientes, y al origen y sentido de la naturaleza.

2. El estudio científico y filosófico de la naturaleza a lo largo de la historia

Consideraremos en este apartado el desarrollo de la filosofía de la naturaleza a lo largo de la historia. Un momento clave en ese desarrollo es el nacimiento sistemático de la ciencia experimental moderna en el siglo XVII. Por este motivo, examinaremos primero la época antigua, entendida en sentido amplio desde la antigüedad remota hasta el siglo XVII, y a continuación analizaremos el posterior desarrollo de la filosofía de la naturaleza en relación con el progreso de las ciencias.

2.1. *Ciencia y filosofía en la antigüedad*

Los filósofos griegos plantearon problemas filosóficos fundamentales y formularon respuestas que conservan su importancia, aunque su perspectiva estaba condicionada por el escaso desarrollo de las ciencias. La herencia griega sobrevivió durante unos veinte siglos, hasta que la ciencia experimental moderna nació sistemáticamente en el siglo XVII, y en muchos aspectos sigue viva.

Desde el principio se enfrentaron, por una parte, la consideración metafísica que consideraba a la naturaleza como obra divina y a la persona humana como dotada de un alma espiritual e inmortal, y por otra, la perspectiva materialista que pretendía explicar toda la realidad mediante sus componentes materiales. En la primera línea se sitúan, con diversos matices, Sócrates, Platón, Aristóteles y los estoicos, cuyas ideas fueron parcialmente recogidas en la tradición cristiana, y en la segunda los atomistas Leucipo y Demócrito, así como sus continuadores Epicuro y Lucrecio.

El dilema entre las dos perspectivas fue claramente planteado ya por Platón en su diálogo *Fedón*, cuyo protagonista es Sócrates que, en el año 399 antes de Cristo, está en la cárcel esperando la muerte; sus amigos le proponen la fuga, y en el diálogo Sócrates explica cómo han evolucionado sus ideas acerca de la naturaleza. Cuando era joven, dice, movido por su deseo de conocer las causas de todos los fenómenos, estudió las opiniones de los pensadores anteriores (los presocráticos Anaxágoras, Empédocles, Anaxímenes, Heráclito, etc.) acerca de la naturaleza, pero no le convenció el tipo de explicaciones que proponían. Y añade por qué: estos pensadores proponían explicaciones en términos de *componentes* y *accio-*

nes, sin aludir a las *esencias* de las cosas ni a la *finalidad*, que proporcionan las verdaderas razones porque permiten comprender por qué sucede algo, por qué es conveniente que suceda, y qué relación tiene con el fundamento divino de todo.

De este modo, Sócrates ya planteó los problemas centrales de la filosofía de la naturaleza y de su relación con las ciencias: ¿qué relación existe entre esos dos niveles de explicación?, ¿basta considerar las causas físicas?, ¿existe finalidad en la naturaleza?, ¿existe un plan superior que da razón de los fenómenos naturales? Sócrates, y Platón con él, se inclinó claramente hacia las explicaciones metafísicas, que dan razón de la naturaleza recurriendo, en último término, a las esencias, los fines y la divinidad.

En cambio, el atomismo de Demócrito centró las explicaciones en torno a los aspectos físicos: el movimiento local de la materia, de los átomos que la componen, bastaría para dar razón de todo, sin necesidad de recurrir a explicaciones metafísicas. Este planteamiento fue continuado en la antigüedad por Epicuro en Grecia y por Tito Lucrecio Caro en Roma.

Aristóteles recogió estos problemas y formuló una perspectiva que dominó durante veinte siglos. En la física aristotélica se mezclan los problemas científicos en sentido moderno y los problemas filosóficos, y éstos son los que marcan la pauta.

Sería anacrónico reprochar a Aristóteles (o a Platón, a los estoicos, a los medievales) no haber construido ciencia en el sentido moderno. Para que naciera de modo sistemático la ciencia experimental hacía falta mucho más que buena voluntad y un interés por la naturaleza, que sin duda existía: por ejemplo, en el ámbito que entonces se podía estudiar con los recursos disponibles, la biología de Aristóteles es importante y rigurosa.

La cosmovisión aristotélica corresponde en buena parte a la experiencia ordinaria. Una parte de esa cosmovisión, concretamente las teorías de los cuatro elementos, de los cuerpos celestes y sus movimientos, y de los lugares naturales, recibió su certificado de defunción cuando nació la ciencia moderna. Entonces pareció que toda la filosofía aristotélica se había arruinado. Sin embargo, las ideas centrales de la filosofía natural aristotélica tienen una gran importancia, también en la actualidad: la substancialidad, el hilemorfismo, la explicación de los procesos en términos de potencia y acto, las cuatro causas, la finalidad, forman un conjunto de ideas-puente que permiten conectar la física y la metafísica, constituyendo logros maestros a los que se vuelve una y otra vez, a pesar del eventual descrédito del aristotelismo en algunas épocas históricas. Sin embargo, el enorme progreso de las ciencias en la época moderna hace necesario examinar de nuevo esos conceptos a la luz del progreso científico posterior.

La física aristotélica fue recogida por Tomás de Aquino en un nuevo contexto. Con la ayuda de una metafísica creacionista (ausente en Aristóteles), la síntesis tomista se centró en torno al acto de ser y en la participación. En ese contexto,

los conceptos aristotélicos cobran nueva vida. Se completa la relación entre física y metafísica: Dios es causa eficiente de la naturaleza (causa primera que crea y conserva y concurre en el obrar, dando razón de las causas segundas), causa ejemplar (ideas divinas), y causa final (crea por su bondad un mundo bueno, ordenado al hombre). Dios gobierna el mundo con su providencia, lo cual explica la finalidad natural. La libertad de la creación subraya la contingencia del mundo.

Tomás de Aquino propuso una concepción original, y muy importante, de la naturaleza como la realización de un plan divino a través de los modos de ser y de obrar que Dios ha puesto en las cosas mismas, haciendo que cooperen en la construcción de la naturaleza: compara la acción divina a la de un artífice que pudiera otorgar a las piezas con las que trabaja que pudieran moverse por sí mismas para alcanzar el fin previsto. Esta es la idea de fondo, que resulta muy adecuada ante la cosmovisión actual, en la que ocupan un puesto central la morfogénesis y la auto-organización. Por otra parte, Tomás de Aquino relativizó algunas importantes tesis aristotélicas, como la eternidad del mundo y del movimiento, y las teorías astronómicas.

La síntesis tomista encierra importantes virtualidades que no han sido agotadas, especialmente en el ámbito de la filosofía de la naturaleza. En efecto, en este ámbito, con frecuencia se ha intentado simplemente salvar los aspectos más metafísicos de la doctrina tomista separándolos de la cosmovisión antigua. Pero, si bien es preciso reformular las ideas tomistas en los nuevos contextos que se han planteado posteriormente, esas ideas, en sus aspectos fundamentales, resultan muy adecuadas para conseguir una integración profunda de los conocimientos científicos actuales con la perspectiva filosófica.

2.2. *La ciencia experimental moderna*

El nacimiento de la ciencia moderna, en el siglo XVII, tuvo lugar en la Europa occidental cristiana, en buena parte gracias a los trabajos que se desarrollaron a lo largo de varios siglos en la Edad Media (por ejemplo, en las Universidades de París y Oxford). Sin embargo, la nueva ciencia nació en abierta polémica con la tradición anterior y, a falta de un equilibrio que era difícil en aquella época, se arrinconaron los aspectos válidos del pensamiento clásico junto con los erróneos. Anteriormente, la balanza se inclinaba hacia la filosofía; entonces se inclinó fuertemente hacia el otro extremo, debido al éxito de la ciencia experimental. Durante la época moderna, debido a la prolongación de las polémicas iniciales y a la acumulación de sucesivos equívocos, predominaron interpretaciones poco rigurosas de las relaciones entre ciencia y filosofía y, por tanto, de la filosofía de la naturaleza.

El trabajo de los medievales abrió el camino de la ciencia moderna. La calificación de la Edad Media como época oscurantista desinteresada por la ciencia e

incluso oponiéndole obstáculos no responde a la verdad histórica. Los trabajos pioneros de Pierre Duhem arrojaron nuevas luces sobre este problema [2]. Duhem mostró que existieron muchos trabajos que prepararon el nacimiento de la ciencia moderna, destacando en este sentido las Universidades de París (Jean Buridan y discípulos: Nicolás Oresme, Alberto de Sajonia, Enrique de Hesse, Marsilio de Inghen) y Oxford (Robert Grosseteste, Roger Bacon, Richard Swineshead, John Dumbleton, Thomas Bradwardine). Por ejemplo, el teorema del Merton College sobre el movimiento uniformemente acelerado equivale a la ley de Galileo sobre la caída libre, y Nicolás Oresme formuló una prueba geométrica de ese teorema utilizando una figura que se encuentra reproducida por Galileo; y la teoría del «impetus» de la Escuela física de París (Buridan, Oresme) proporcionó las bases de las nociones de inercia y cantidad de movimiento [3].

Las ideas cristianas también ejercieron un importante influjo a través de una matriz cultural que era generalmente compartida y que hizo posible el único nacimiento viable de la ciencia moderna. Sobre todo, la doctrina de la creación tuvo gran impacto sobre el estudio de la naturaleza, porque ponía de manifiesto la contingencia del mundo creado libremente por Dios y, por tanto, la necesidad de la experiencia para conocer sus características; la racionalidad del mundo, creado por un Dios infinitamente sabio; y la capacidad humana para conocer el mundo, porque el hombre ha sido creado por Dios a su imagen y semejanza, con cuerpo y alma racional. Stanley Jaki ha documentado con abundantes ejemplos los sucesivos abortos de la ciencia en las grandes culturas antiguas, y el influjo positivo del cristianismo en el nacimiento de la ciencia moderna [4].

Thomas Kuhn ha escrito: "Desde un punto de vista moderno, la actividad científica de la Edad Media era increíblemente ineficaz. Sin embargo, ¿de qué otra forma hubiera podido renacer la ciencia en occidente? Los siglos durante los que imperó la escolástica son aquellos en que la tradición de la ciencia y la filosofía antiguas fue simultáneamente reconstruida, asimilada y puesta a prueba. A medida que iban siendo descubiertos sus puntos débiles, éstos se convertían de inmediato en focos de las primeras investigaciones operativas en el mundo moderno. Todas las nuevas teorías científicas de los siglos XVI y XVII tienen su origen en los jirones del pensamiento de Aristóteles desgarrados por la crítica escolástica. La mayor parte de estas teorías contienen asimismo conceptos claves creados por la ciencia escolástica. Más importante aún que tales conceptos es la posición de espíritu que los científicos modernos han heredado de sus predecesores medie-

2. Cfr. Pierre DUHEM, *Le système du monde. Histoire des doctrines cosmologiques de Platon à Copernic*, 10 volúmenes, Hermann, Paris 1913-1917 y 1954-1959.

3. Se encuentra una síntesis de estas cuestiones en: Mariano ARTIGAS, "Nicolás Oresme, gran maestre del Colegio de Navarra, y el origen de la ciencia moderna", *Príncipe de Viana* (Suplemento de Ciencias), año IX, n.º 9 (1989), pp. 297-331.

4. Cfr. Stanley L. JAKI, *Science and Creation. From Eternal Cycles to an Oscillating Universe*, Scottish Academic Press, Edinburgh and London 1974.

vales: una fe ilimitada en el poder de la razón humana para resolver los problemas de la naturaleza. Tal como ha remarcado Whitehead, «la fe en las posibilidades de la ciencia, engendrada con anterioridad al desarrollo de la teoría científica moderna, es un derivado inconsciente de la teología medieval»”[5]. Esto choca frontalmente con clichés repetidos por inercia; especialmente con el cliché positivista, según el cual la teología y la metafísica habrían sido un freno para el progreso científico.

Aunque existan otros pioneros (como Leonardo da Vinci), la revolución científica moderna comenzó propiamente cuando Nicolás Copérnico (1473-1543) propuso la teoría heliocéntrica que, al considerar la Tierra no ya como inmóvil y colocada en el centro del universo sino como un planeta que gira alrededor del Sol, hizo que se tambalease la cosmovisión dominante. La obra de Copérnico, titulada *Acerca de las revoluciones de las órbitas celestes* (*De revolutionibus orbium coelestium*) estaba dedicada al Papa, y no provocó ningún problema.

Francis Bacon (1561-1626) puede ser considerado como el «profeta» de una nueva ciencia que se apartaba de los métodos antiguos y se dirigía hacia el dominio de la naturaleza. No realizó aportaciones importantes a la nueva ciencia, y su metodología es muy insuficiente; pero influyó en la consolidación de una ciencia basada en la experimentación.

Bacon propuso un nuevo método centrado en la inducción que, a partir de la obervación, permitiría formular leyes generales a partir de los casos particulares gracias a recursos tales como las tablas de presencia, de ausencia y de grados. Sustituye las «formas» aristotélicas y escolásticas, que pretendían expresar la naturaleza de las cosas, por las «leyes». Las formas y los fines de la filosofía tradicional no tienen lugar en la nueva ciencia; Bacon califica a la finalidad como una «virgen estéril» incapaz de dar frutos.

Estas ideas de Bacon fueron generalmente aceptadas durante bastante tiempo, pero plantean problemas que se vienen arrastrando hasta la actualidad: el sentido y el valor de la inducción en la ciencia, la relación entre ciencia y filosofía, el valor de la filosofía de la naturaleza. Por ejemplo, la nueva ciencia ha sido considerada durante siglos como «ciencia inductiva»; pero, ¿cómo se podrían obtener por inducción la ley de caída de los cuerpos o la ley de la gravedad, y menos aún las teorías complejas de la física matemática?, y ¿cómo podrían verificarse esas teorías recurriendo a los datos siempre fragmentarios que proporciona la experimentación?

René Descartes (1596-1650) influyó en el nacimiento de la nueva ciencia insistiendo en el enfoque matemático y realizando algunas contribuciones parciales. Pero su física era deficiente en comparación con la de Galileo y Newton, y su

5. Thomas S. KUHN, *La revolución copernicana. La astronomía planetaria en el desarrollo del pensamiento occidental*, Ariel, Barcelona 1978, p. 171.

trasfondo filosófico provocó grandes equívocos históricos. En efecto, utilizando su criterio de evidencia (las ideas claras y distintas), redujo la substancia corpórea a extensión, negando la realidad de las cualidades y eliminando el dinamismo propio de la materia; pero la nueva física sólo se consolidó cuando se introdujeron conceptos, como los de «fuerza» y «energía», que no tienen cabida en el estrecho marco cartesiano. Descartes también rechazó las formas, las cualidades y los fines. Su filosofía natural es un «mecanicismo» que pretende explicar todo mediante el desplazamiento y los choques de la materia: así desaparece la interioridad en beneficio de la pura exterioridad, y esto se extiende también a los vivientes (con la salvedad del espíritu humano).

Johannes Kepler (1571-1630) formuló las primeras leyes científicas de la nueva ciencia, que se refieren a las trayectorias elípticas de los planetas. Esas leyes representaron un logro de primera magnitud en el que se combinaron las matemáticas, los datos de observación (otorgando gran importancia a la precisión), y una visión mística acerca del orden de la naturaleza; y destruyeron el presunto movimiento circular de los cuerpos celestes.

Galileo Galilei (1564-1642) fue el principal pionero de la nueva ciencia y quien mejor advirtió su naturaleza. Además de sus importantes logros téoricos y observacionales (formulación de la ley de caída de los cuerpos, descubrimiento de los satélites de Júpiter y de las fases de Venus, etc.), sentó las bases del método de la nueva ciencia. Galileo afirmó que el objetivo de la ciencia es formular leyes que se refieren a «afecciones», tales como el lugar, el movimiento, la figura, la magnitud, etc.; por tanto, renuncia al conocimiento de las esencias y del significado de las cosas, propio de la filosofía y la teología.

El famoso «caso Galileo» no debió producirse. Se debió a un conjunto de equívocos e intereses polémicos. Por una parte, Galileo no disponía de demostraciones concluyentes del heliocentrismo; por otra, las dificultades teológicas eran sólo superficiales y podían haberse evitado con facilidad, pues el geocentrismo nunca formó parte de la doctrina cristiana; además, se dieron circunstancias que enturbiaron el problema. De hecho, la pena que se impuso a Galileo fue el confinamiento en su villa particular en las cercanías de Florencia: Galileo siguió trabajando hasta su muerte, que le sobrevino cuando tenía 78 años por causas naturales, y el proceso no frenó el nacimiento de la nueva ciencia[6]. Sin embargo, los problemas acerca de la naturaleza y el alcance de la nueva ciencia continuaron provocando polémicas y dificultades cada vez mayores.

Poco después de la muerte de Galileo, las ideas y los resultados acumulados durante siglos, y los nuevos métodos y logros de los pioneros de la ciencia moder-

6. Se encuentra una síntesis del «caso Galileo» y de sus implicaciones en: Mariano ARTIGAS, *Ciencia, razón y fe*, 4.ª ed., Palabra, Madrid 1992 (apartado «Galileo: un problema sin resolver», pp. 15-36). Cfr. Walter BRANDMÜLLER, *Galileo y la Iglesia*, Rialp, Madrid 1987.

na, culminaron con el nacimiento definitivo de la física matemática por obra del genio de Isaac Newton (1642-1727), quien publicó en 1687 los *Principios matemáticos de la filosofía natural*, una gran obra donde se encontraba formulada la primera teoría de la física experimental: la mecánica newtoniana. Esa obra inauguró una nueva era. La mecánica de Newton, que se aplicaba por igual a los fenómenos terrestres y a los celestes, tuvo un éxito ininterrumpido tanto en su desarrollo teórico como en sus aplicaciones prácticas hasta el siglo XX, proporcionó el esqueleto que permitió los grandes avances de la física y, sobre esa base, la consolidación de la química, la biología y todas las disciplinas de la ciencia experimental.

El nacimiento de la nueva ciencia fue acompañado de equívocos y polémicas que se debían, en buena parte, a que esa ciencia se presentaba como la nueva filosofía natural que venía a sustituir a la antigua. El éxito creciente de la nueva ciencia y de sus aplicaciones prácticas parecía indicar que ésta era el camino obligado para afrontar con garantías el problema sobre el valor del conocimiento humano, que se encontraba en el centro de la filosofía moderna. La nueva ciencia se presentaba como una alternativa frente a la antigua, a la que aventajaba por el uso de las matemáticas (precisión y rigor frente a «cualidades ocultas»), por su recurso a la experimentación y sus aplicaciones prácticas (carácter empírico y utilidad frente a «especulaciones estériles»), por su demostrabilidad y su progreso. Sin embargo, faltaba una adecuada comprensión de las relaciones entre ciencia y filosofía, o sea, de la distinción y complementariedad de los respectivos objetivos y enfoques.

Las dificultades no eran pequeñas, debido al desarrollo fragmentario tanto de la ciencia como de la epistemología. Se comprende así que, hasta nuestros días, se hayan propuesto interpretaciones muy diferentes sobre las relaciones entre ciencia y filosofía, y, por tanto, sobre la filosofía de la naturaleza. Sólo en una época reciente han llegado a existir circunstancias más favorables.

Immanuel Kant (1724-1804) dio un giro decisivo al problema del conocimiento. Convencido de la validez definitiva de la física de Newton, advirtió, al mismo tiempo, que los conceptos científicos son construidos por nosotros y responden, por tanto, a nuestro modo de representar la naturaleza. Pero insistió excesivamente en el aspecto «subjetivo» de nuestros conceptos, e interpretó de ese modo las ideas clásicas de substancia, causalidad y finalidad. La filosofía de la naturaleza quedó, de ese modo, demasiado sujeta a nuestras representaciones subjetivas. Kant insistió en que no podemos conocer «las cosas en sí mismas»; esa doctrina sentó las bases del idealismo post-kantiano que, especialmente por obra de Hegel, provocó un divorcio radical entre la ciencia y la filosofía.

La filosofía de la naturaleza renació con el romanticismo y el idealismo, a finales del siglo XVIII y comienzos del XIX, en forma de una *Naturphilosophie* que reaccionó frente al mecanicismo y subrayó acertadamente lo vital, lo orgánico, el sistema de la naturaleza, pero mezcló esas intuiciones con un tinte panteís-

ta y con una crítica a la ciencia real, provocando un serio desfase entre los científicos y los filósofos.

La *Filosofía de la naturaleza* de Georg Wilhelm Friedrich Hegel (1770-1831) es la segunda parte de su *Enciclopedia de las ciencias filosóficas*. Hegel sostiene una filosofía idealista que interpreta la realidad como el progresivo desenvolverse de la idea. La Naturaleza es concebida por Hegel como un momento del despliegue de la idea; concretamente, el momento en que la idea se reviste de «exterioridad». Hegel parece proponer una concepción un tanto negativa de la naturaleza: dentro del sistema idealista, la naturaleza aparece como "contradicción no resuelta", y se afirma que "la idea, en esta forma de exterioridad, es inadecuada a sí misma".

Cuando Hegel trata temas concretos, se hace difícil seguirle. Además, criticó diferentes aspectos de la ciencia que se había desarrollado hasta su época, proponiendo alternativas poco convincentes. De hecho, como testimoniaba en 1862 el físico Hermann Helmholtz, Hegel contribuyó decisivamente a la ruptura moderna entre ciencia y filosofía: "Los filósofos acusaban a los científicos de estrechez mental, y los científicos a los filósofos de locos. Con esto, los hombres de ciencia empezaron a comentar la conveniencia de desterrar de su trabajo toda clase de influencia filosófica; y algunos, incluso entre los talentos más agudos, llegaron a condenar totalmente a la filosofía, no sólo como inútil, sino como positivamente dañina, además de fantástica. El resultado fue, fuerza es confesarlo, que no contentos con repudiar las pretensiones ilegítimas que quería arrogarse el sistema hegeliano sobre todas las demás ramas del saber, pretendiendo que todas se subordinasen a él, cerraron también sus oídos a las reclamaciones justas de la filosofía, es decir, a su derecho a criticar las fuentes del conocimiento y la definición de las funciones del entendimiento"[7]. No es de extrañar que ese clima favoreciese el desarrollo de una mentalidad positivista.

Augusto Comte (1798-1857), padre del positivismo, formuló su «ley de los tres estadios» por los que, según él, ha atravesado la humanidad; el estadio actual y definitivo es el «científico» o «positivo», en el cual nos abstenemos de preguntar sobre las causas últimas de las cosas y nos limitamos a lo que es accesible a la ciencia positiva: formular leyes, que son relaciones constantes entre fenómenos observables. Así quedan superados los dos estadios previos, el «mítico-teológico» y el «abstracto-metafísico», que responderían a la carencia de instrumentos adecuados para comprender y controlar científicamente la naturaleza. No hay lugar para una filosofía que no sea una simple reflexión metodológica y unificadora de las ciencias.

El positivismo representa el extremo opuesto a Hegel. Los extremos se tocan: ambos son intentos monopolísticos injustificados, de signos contrarios, que no salvan la complementariedad entre ciencia y filosofía.

7. Citado por: W. C. DAMPIER, *Historia de la ciencia*, Tecnos, Madrid 1972, p. 318.

Se comprende que el positivismo ejerciera una cierta fascinación sobre los científicos y sobre los filósofos que desean evitar elucubraciones fantasiosas, pues propone que hay que atenerse a los hechos, a lo «positivo» o «dado», y a sus relaciones, asegurando así el rigor de las ciencias, que nada tendrían que ver con las elucubraciones filosóficas. Sin embargo, se trata de una visión simplista de la ciencia, puesto que siempre existen unos supuestos filosóficos, tanto ontológicos como gnoseológicos, que son condición necesaria de la actividad científica (y que son retro-justificados por el progreso científico), y también es necesaria una interpretación de los métodos y resultados de las ciencias para valorar su alcance y conseguir una cosmovisión unitaria. Además, no existen los datos puros (siempre intervienen interpretaciones), y la ciencia va mucho más allá de lo observable.

En definitiva, la «ciencia positiva» no ha existido nunca y no puede existir, y la ciencia contemporánea no hubiera existido si se hubiesen seguido los preceptos comtianos. Por otra parte, la ley de los tres estadios, aunque goce de cierta popularidad, responde a un molde preconcebido demasiado simplista: las relaciones entre ciencia, filosofía y teología han sido y siguen siendo mucho más importantes y complejas de lo que esa ley afirma.

2.3. *El impacto filosófico del evolucionismo, la física cuántica y la relatividad*

La filosofía de la naturaleza afrontó un nuevo reto por parte del evolucionismo, especialmente desde la publicación de *El origen de las especies* de Charles Darwin en 1859. El evolucionismo marcó una dirección importante en la filosofía de la naturaleza y del hombre, planteando especialmente los problemas del naturalismo y de la finalidad. Entre los autores que han centrado sus reflexiones en torno a la evolución, destacan Bergson y Teilhard de Chardin.

Henri Bergson (1859-1941) publicó *La evolución creadora* en 1907. Sostiene que los griegos interpretaron el tiempo en función de la eternidad, siguiendo lo que, según Bergson, es el procedimiento natural de nuestra inteligencia, que está hecha para la acción: descomponer el devenir real en momentos estáticos, e intentar recomponer la realidad mediante una articulación de esas instantáneas. Pero tal procedimiento, semejante al del cinematógrafo, no sirve para alcanzar la realidad auténtica que es, precisamente, el devenir, el proceso, la evolución; por el contrario, supone que las cosas están ya dadas de una vez para siempre.

El juicio de Bergson está condicionado por su tesis básica, según la cual el devenir forma la trama de la realidad, y se trata de un devenir creativo, a semejanza de lo que sucede en la vida interior humana: un impulso vital que atraviesa todo, de modo que sus resultados son realmente nuevos e imprevisibles.

Bergson repite una vez y otra esa tesis, pero no la fundamenta seriamente. Esa tesis parece venir avalada por las acertadas críticas del mecanicismo que sue-

len acompañarla; parecería como si el rechazo del mecanicismo equivaliera a probar esa tesis, lo cual no es cierto.

Sin duda, Bergson tiene razón en sus críticas al mecanicismo y subraya, también con razón, la importancia del devenir real en la explicación de la naturaleza. Advierte la importancia de la interioridad y se rebela frente a un pensamiento que considera suficientes las explicaciones basadas en la exterioridad de los fenómenos repetibles. Pero la alternativa que propone es demasiado etérea y fragmentaria: se limita a establecer un paralelismo entre la vida psíquica humana, donde se da la libertad y la creatividad, y una evolución que se identifica con el despliegue de un impulso vital, afirmando que la única manera de comprender la realidad es situarse en el interior de esa corriente vital mediante una intuición que supera a la inteligencia analítica.

El «procesualismo», que centra su atención en el devenir natural e histórico, ha adquirido gran importancia en la actualidad, siguiendo los pasos de Henri Bergson, Alfred North Whitehead y Charles Hartshorne. Subraya importantes aspectos de la realidad, pero necesita ser complementado con una consideración más atenta de las dimensiones estructurales y estables.

Pierre Teilhard de Chardin (1881-1955) asumió la evolución como un hecho y propuso una interpretación finalista y cristiana. Dejando aparte las posibles dificultades teológicas de la obra de Teilhard, es interesante subrayar, en el ámbito de la filosofía de la naturaleza, la importancia que atribuye a la «interioridad»; afirma, en efecto, que la ciencia sólo ha considerado hasta ahora la «exterioridad» de la naturaleza, y pretende completarla considerando la «interioridad»: éste es su planteamiento básico.

Teilhard desarrolló ese planteamiento en torno a la «ley de la complejidad-consciencia», que considera bien establecida sobre la base de la experiencia. Según esta «ley», a los progresivos grados de organización de la materia (exterioridad) les corresponden sucesivos grados de consciencia (interioridad). Sobre esa base, afirma que en todos los niveles de la naturaleza existe alguna forma de consciencia (panpsiquismo), y que la evolución consiste en el progresivo despliegue de una «energía espiritual» que, en determinados puntos críticos, produce saltos cualitativos: especialmente en el origen de la vida y más aún en el origen del hombre, en el que aparece la reflexión consciente con sus consecuencias específicamente humanas. Se trata de una evolución que posee una dirección ascendente hacia formas superiores de organización material (exterioridad) y de consciencia (interioridad): por tanto, de una verdadera «ortogénesis». Finalmente, proyecta sus ideas hacia el futuro: afirma que nos encontramos en una nueva era de la humanidad, que tiende hacia un nuevo punto crítico de integración en torno a un centro personal y trascendente que denomina «Punto Omega», que posee un carácter divino.

La obra de Teilhard se resiente de cierta falta de precisión metodológica: presenta una síntesis de ciencia, filosofía, poesía y teología en la cual no siempre

es fácil advertir qué corresponde a cada enfoque y cuál es el fundamento de las conclusiones que se establecen. Sin embargo, las ideas sobre la «interioridad» de lo natural son importantes, aunque se encuentran entremezcladas con un cierto «panpsiquismo» poco consistente.

En los comienzos del siglo XX, la física cuántica y la teoría de la relatividad provocaron un aluvión de nuevas ideas en la filosofía de la naturaleza y de las ciencias. Pusieron de manifiesto que la física clásica, que se había considerado como un edificio definitivo que sólo cabría adornar mejor, solamente es válida para determinados ámbitos de fenómenos: cuando estudiamos los componentes microfísicos de la materia debemos utilizar la física cuántica, y cuando intervienen velocidades muy grandes debemos recurrir a la teoría de la relatividad. El impacto filosófico de estas dos teorías ha sido grande, ya que proporcionan conocimientos acerca de aspectos de la naturaleza que se encuentran muy alejados de la experiencia ordinaria y que afectan a conceptos básicos de la filosofía de la naturaleza.

2.4. *El renacimiento de la filosofía de la naturaleza en la época contemporánea*

En el primer tercio del siglo XX, los neo-positivistas del Círculo de Viena propusieron reducir la filosofía al análisis lógico del lenguaje científico. En una línea abiertamente cientificista, afirmaron que la ciencia natural contiene todo el conocimiento válido acerca de la naturaleza. No quedaría lugar, por tanto, para la filosofía de la naturaleza. Sin embargo, no es difícil advertir que esa doctrina es contradictoria, ya que, si se le aplican sus propios cánones, caracería de sentido, porque no es una conclusión de las ciencias naturales.

El intento más sistemático de formular una filosofía de la naturaleza acorde con el progreso de las ciencias es, probablemente, el de Nicolai Hartmann (1882-1950), quien publicó en 1950 su *Filosofía de la naturaleza* (como volumen IV de su *Ontología*), concebida como una «teoría especial de las categorías» que, con un matiz neo-kantiano pero realista, depende del estado de los conocimientos científicos en cada momento y renuncia a una metafísica positiva. Hartmann completó su filosofía de la naturaleza con *El pensar teleológico*, obra póstuma publicada en 1954, donde expone una crítica sistemática contra la finalidad.

En su primer período, Hartmann fue neokantiano. Aunque después incorporó a su pensamiento elementos de la fenomenología y sostuvo frente a Kant el valor realista del conocimiento, en su obra se nota una fuerte impronta kantiana. Frente a la existencia de Dios, mantuvo una postura agnóstica. En ocasiones se le sitúa en una línea próxima a Aristóteles; sin embargo, critica las ideas aristotélicas acerca de la substancia, las formas y los fines, considerándolas como próximas a una metafísica que juzga inválida. Según Hartmann, la metafísica trata de cuestiones que no admiten respuesta, porque van más allá de lo que podemos conocer de las cosas: sólo sería posible una ontología que nunca llegará al nivel me-

tafísico ni a respuestas definitivas. Se trata de una filosofía hipotética y provisional, que intenta analizar y clarificar los problemas, adoptando como método el análisis de las categorías de nuestro pensamiento. En este contexto, la filosofía de la naturaleza viene concebida como análisis de las categorías especiales, como una reflexión filosófica acerca de los conocimientos proporcionados por las ciencias, que participa de la provisionalidad permanente de esos conocimientos.

Esa filosofía de la naturaleza contiene análisis interesantes. Al mismo tiempo, la negación de la metafísica aparece de modo explícito cada vez que se tratan los problemas clásicos: se someten a crítica severa las ideas aristotélicas y escolásticas acerca de la substancia, la potencia y el acto, el análisis del movimiento, las formas, la causalidad y los fines, afirmando que responden a una perspectiva superada en la que se pretendía establecer relaciones entre la naturaleza y lo divino. En *El pensar teleológico*, Hartmann articula una crítica sistemática contra la finalidad en la naturaleza, de acuerdo con las mismas ideas anti-metafísicas.

En las últimas décadas del siglo XX se ha dado un notable renacimiento de la filosofía de la naturaleza. Son muy numerosas, por ejemplo, las publicaciones en torno al indeterminismo en la naturaleza; a la emergencia y la auto-organización; a la finalidad natural y el argumento teleológico; al origen del universo, la creación y el argumento cosmológico; a las relaciones mente-cuerpo. Los protagonistas de esas discusiones son, con frecuencia, científicos y epistemólogos, que conciben la reflexión filosófica como una discusión racional que prolonga los logros de la ciencia y de la epistemología. Se trata de autores de tendencias muy dispares, cuyas obras alcanzan, en ocasiones, una gran difusión[8].

Este nuevo auge de la filosofía de la naturaleza se debe, en buena parte, a la existencia de una nueva cosmovisión. En efecto, por vez primera en la historia, disponemos de una cosmovisión científica que es rigurosa y completa, y tiene importantes implicaciones filosóficas.

Afirmar que la cosmovisión actual es rigurosa y completa no significa afirmar que lo sabemos todo. Pero es cierto que, por primera vez en la historia, disponemos de conocimientos bien comprobados acerca de todos los niveles de la naturaleza y de sus relaciones mutuas: basta pensar en la microfísica, la astrofísica, la cosmología, la biología molecular, las teorías morfogenéticas. Quedan, sin duda, muchas incógnitas; pero conocemos una parte importante del esqueleto básico, tanto en el aspecto sincrónico (estado actual de la naturaleza) como en el diacrónico (despliegue histórico).

La cosmovisión actual subraya la importancia del dinamismo de la materia, la existencia de pautas espaciales y dinámicas, la morfogénesis, la evolución, la

8. Se pueden mencionar, a modo de ejemplo: Ludwig von Bertalanffy, Ilya Prigogine, René Thom, Hermann Haken, Michael Ruse, Edward Wilson, Stephen Hawking, John Barrow, Roger Penrose, Richard Dawkins, Karl Popper.

auto-organización, la sinergia (cooperatividad), la emergencia (frente al reduccionismo), la direccionalidad, la información. Se trata de un nuevo paradigma científico, que supera definitivamente el paradigma mecanicista y proporciona una base muy adecuada tanto para la reformulación de los problemas clásicos de la filosofía natural como para el estudio de nuevos problemas que surgen de los avances de las ciencias.

3. El concepto de naturaleza

La cosmovisión actual proporciona una base óptima para proponer una caracterización de la naturaleza que servirá como base para el resto de las reflexiones filosóficas contenidas en este libro.

3.1. *Los sentidos de «la naturaleza» y «lo natural»*

El sustantivo «naturaleza» tiene dos sentidos principales: por una parte, designa «la naturaleza de algo» (es lo que denominaremos *sentido metafísico*), y por otra, indica «la Naturaleza» como el conjunto de los seres físicos (lo denominaremos *sentido físico*).

En el primer sentido (*metafísico*) se habla de la «naturaleza de algo» para indicar lo característico de ese algo, o sea, su índole propia, lo que le pertenece de tal modo que sirve para distinguirlo de todo lo demás. El «algo» de cuya naturaleza se habla puede ser cualquier cosa: en efecto, se habla de la naturaleza del hombre, de un problema, de una disciplina científica, e incluso de la naturaleza de Dios. Se trata, por tanto, de un sentido que se aplica a realidades muy diferentes: puede aplicarse a todo. Por eso hablamos, en este caso, del *sentido metafísico* del concepto de naturaleza, porque no se limita a lo físico, material, corpóreo, sino que puede aplicarse también a lo espiritual y a lo sobrenatural. En este sentido, el concepto de naturaleza es semejante al de «esencia», que expresa el modo básico de ser de algo.

En el segundo sentido (*físico*), se habla de «la Naturaleza» para designar el conjunto de los seres y procesos naturales que, por lo general, vienen identificados con lo corpóreo o material. Aunque este sentido es suficientemente claro para las necesidades del lenguaje ordinario, plantea problemas si se intenta utilizarlo de modo riguroso, porque depende de qué se entienda por «ser natural», o sea, del sentido que se dé al adjetivo «natural». El análisis debe desplazarse, por tanto, del sustantivo «naturaleza» al adjetivo «natural». ¿A qué atribuimos el calificativo de «natural»?

El término «natural» puede designar:

a) *Lo natural* como *lo espontáneo, que responde a un principio interior*. Algo se considera «natural» si corresponde al modo de ser propio de un sujeto.

Puede tratarse de una propiedad o de un modo de actuar. En el primer caso, es natural al hombre, por ejemplo, ser racional, porque la racionalidad es una capacidad específica del ser humano. En el segundo caso, es natural una actividad que tiene un origen interior, de tal manera que, aunque esté condicionada por circunstancias externas, responde a un núcleo interno que se despliega con una autonomía propia. En ambos casos, lo natural equivale a lo *espontáneo*, y se opone a lo que es *violento* o *forzado*. Este sentido de lo natural se aplica tanto a lo material como a lo espiritual.

b) *Lo natural como distinto de lo artificial*. Lo natural se define a veces como aquello que no depende de la intervención humana, en oposición a lo *artificial*, que es un resultado de la actividad humana.

c) *Lo natural como distinto de lo espiritual*. Es frecuente calificar algo como «natural» para distinguirlo de lo «espiritual» o de conceptos relacionados con lo espiritual tales como lo «racional» o lo «libre». En este caso, lo natural se identifica con lo *material* o lo *corporal*, que pertenecen al nivel físico.

d) *Lo natural como distinto de lo sobrenatural*. Por fin, lo natural se contrapone a lo *sobrenatural*. Es natural a la persona humana tener dimensiones espirituales, porque esas dimensiones pertenecen a su modo de ser, aunque sean el resultado de una acción divina. En cambio, es sobrenatural un milagro o, en general, cualquier efecto de la acción divina que va más allá de lo que corresponde a los seres por su modo de ser propio. En la vida ordinaria frecuentemente se identifica, de modo poco preciso, lo espiritual con lo sobrenatural.

El análisis recién expuesto muestra que los términos «naturaleza» y «natural» no tienen un significado unívoco. A continuación vamos a proponer una caracterización de lo natural que permitirá distinguirlo, por una parte, de lo artificial, y por otra parte, de lo espiritual[9].

3.2. *Caracterización del mundo físico*

Nuestra caracterización se centra en dos aspectos básicos de lo natural: la existencia de un *dinamismo propio* y de *pautas estructurales*. Se trata de dos dimensiones reales de lo natural, que se manifiestan ampliamente tanto ante la experiencia ordinaria como ante el conocimiento científico. Lo natural posee un dinamismo propio cuyo despliegue sigue pautas temporales y produce estructuras espaciales que, a su vez, son fuente de nuevos despliegues del dinamismo natural. Por tanto, lo natural puede caracterizarse mediante el *entrelazamiento del dina-*

9. Esta caracterización es original y se publicó por primera vez en: Mariano ARTIGAS, *La inteligibilidad de la naturaleza*, 2.ª ed., EUNSA, Pamplona 1995: en el capítulo I de ese libro se analiza la propuesta, y en los restantes capítulos se exponen sus implicaciones.

mismo y la estructuración espacio-temporal, y de tal modo que las estructuras espacio-temporales giran en torno a *pautas específicas* que se repiten.

La naturaleza posee un dinamismo propio, independiente de la intervención humana, que se despliega a través de una gran variedad de procesos de acuerdo con pautas espaciales y temporales. Dinamismo y estructuración son dos características básicas de la naturaleza que se encuentran estrechamente relacionadas: las estructuras son el resultado del despliegue del dinamismo y también son fuente de nuevos despliegues del dinamismo. El entrelazamiento del dinamismo y la estructuración proporciona una clave que resulta decisiva para conseguir una representación fidedigna de la naturaleza.

a) *El dinamismo natural*

La naturaleza tiene una consistencia propia. Podemos intervenir en los procesos naturales, pero no podemos modificar sus leyes. De modo negativo, la autonomía de lo natural implica una *independiencia respecto a la intervención humana*. De modo positivo, expresa que las entidades naturales poseen un *dinamismo propio*.

El término *dinamismo* proviene del griego *dynamis*, que significa fuerza, poder, capacidad. Afirmar que las entidades naturales poseen un dinamismo propio equivale a afirmar que no son sujetos meramente *pasivos* a los que se añada el movimiento como algo *externo*, sino que poseen una actividad propia, un dinamismo interno que no depende sólo de las acciones que se ejercen sobre ellas.

El dinamismo natural puede considerarse tanto en el nivel de la experiencia ordinaria como en el de las ciencias.

Ante la experiencia ordinaria, el dinamismo propio se manifiesta en todos los ámbitos de la naturaleza: es patente en los vivientes, los astros, los fenómenos atmosféricos, el aire, el agua, e incluso en la Tierra, que muestra su dinamismo en los terremotos y erupciones volcánicas.

Por otra parte, los conocimientos científicos actuales manifiestan con claridad que *el dinamismo natural es una característica básica de las entidades naturales en todos los niveles*, tanto en el nivel microfísico (partículas subatómicas, átomos y moléculas) como en el macrofísico (entidades observables). Los entes microfísicos no son entidades pasivas ni inmutables. Los compuestos físico-químicos, desde los minerales hasta las estrellas pasando por los líquidos y gases, poseen un dinamismo que, en ocasiones, queda oculto porque existen estados estables de equilibrio: pero siempre se trata de equilibrios dinámicos que pueden alterarse cuando se dan las circunstancias apropiadas. Por fin, el dinamismo es especialmente patente en los vivientes.

Las consideraciones anteriores muestran que *no existe una materia puramente inerte o pasiva*. Aunque muchas entidades aparecen ante la experiencia or-

dinaria como si fueran materia inerte, desprovista de actividad propia y meramente pasiva, un análisis más detenido muestra que *la materia inerte sólo es inerte en relación a ciertas condiciones y puntos de vista particulares*. En realidad se trata de entidades que se encuentran en *estados de equilibrio*: sus componentes naturales tienen un dinamismo que puede manifestarse en otras circunstancias, pero en las circunstancias de equilibrio las fuerzas se compensan y no producen efectos detectables.

En el ámbito filosófico, la afirmación del dinamismo propio de las entidades naturales no es ninguna novedad. De algún modo se encuentra en la concepción aristotélica, fue claramente afirmado por Leibniz [10], y en la época más reciente ha sido ampliamente subrayado tanto desde la perspectiva científica como desde la filosófica [11].

Las afirmaciones precedentes parecen chocar con una idea generalmente admitida acerca de los vivientes, ya que la vida suele definirse como *auto-movimiento*. Afirmar que todo lo natural posee un dinamismo propio, ¿no diluye la diferencia entre los vivientes y lo no viviente?

En realidad, la vida no sólo supone dinamismo propio, sino también una organización de componentes que cooperan de modo unitario y permiten la realización de las funciones propias de los vivientes. Por consiguiente, poseer dinamismo propio no significa poseer vida.

b) *Pautas estructurales*

Si el dinamismo es una característica fundamental de las entidades naturales, la estructuración no lo es menos [12]. Ante la experiencia ordinaria, la naturaleza aparece surcada por *estructuras espacio-temporales*, y el progreso científico puede sintetizarse como un conocimiento cada vez más amplio y profundo de las estructuras naturales. Para conseguir una caracterización fidedigna de la naturaleza es imprescindible tener en cuenta la estructuración.

10. Cfr. Gottfried W. LEIBNIZ, *De primae philosophiae Emendatione, et de Notione Substantiae*, en: C. J. GERHARDT (editor), *Die philosophischen Schriften von Gottfried Wilhelm Leibniz*, Georg Olms, Hildesheim 1965, vol. 4, pp. 469-470.

11. Por ejemplo, Antonio Millán Puelles afirma que "ningún ente es absolutamente inoperante... Un ente absolutamente inoperante sería un ente que ni siquiera haría nada por mantenerse en su ser. Sería, por tanto, un ente que estaría mantenido, en su propia entidad, por otro u otros. Más aún: todo su ser se reduciría a «ser mantenido» y su entidad sería, por consiguiente, una absoluta o pura pasividad, un completo «dejarse hacer»": A. MILLÁN PUELLES, *Léxico filosófico*, Rialp, Madrid 1984, p. 436. Por su parte, Juan Enrique Bolzán ha propuesto una reformulación de la filosofía de la naturaleza en la que coloca en primer plano el dinamismo del ser físico: cfr. J. E. BOLZÁN, "Fundamentación de una ontología de la naturaleza", *Sapientia* (Buenos Aires), 41 (1986), pp. 121-132.

12. Jean Marie Aubert subraya la importancia de la estructuración de los entes naturales como una base sólida para los razonamientos de la filosofía de la naturaleza: cfr. J. M. AUBERT, *Filosofía de la naturaleza*, 6ª ed., Herder, Barcelona 1987, pp. 301-319.

El significado del término *estructura* es muy amplio[13]. En general, una estructura es una distribución de partes mutuamente relacionadas que forman un todo unitario.

Las estructuración característica de lo natural posee dimensiones *espaciales* y *temporales*: las entidades naturales tienen configuraciones espaciales, y el dinamismo se despliega en la dimensión temporal. Aunque en la vida ordinaria el término «estructura» suele utilizarse en sentido espacial, al hablar aquí de «estructuración» se tienen presentes tanto las dimensiones espaciales como las temporales, o sea, tanto las entidades como los procesos.

En la naturaleza existe una gran variedad de estructuras, que en muchas ocasiones tienen caracteres comunes que se repiten. La naturaleza está construida en torno a estructuras *repetitivas* características que aquí se denominarán *pautas* o *patrones* (*patterns*). Las pautas tienen una importancia capital para representar adecuadamente la naturaleza.

Ante la experiencia ordinaria, la naturaleza aparece como un conjunto de seres que tienen estructuras bien definidas. El caso más claro es el de los *vivientes*, que se caracterizan precisamente por poseer una estructura unitaria en la cual las diferentes partes desempeñan funciones específicas y funcionan de acuerdo con ritmos temporales característicos. El ámbito de los seres *no vivientes* también se encuentra atravesado por la estructuración espacial y temporal.

El progreso científico amplía nuestro conocimiento de la estructuración espacial y temporal de la naturaleza, incluso en ámbitos que se encuentran muy alejados de la experiencia ordinaria. Los ejemplos pueden multiplicarse con facilidad, y ni siquiera resulta necesario recurrir a casos concretos: cualquier logro científico es un ejemplo de ese tipo. En efecto, en la ciencia experimental se buscan conocimientos que puedan relacionarse con el *control experimental*, pero ese control sólo es posible cuando existen aspectos que, al menos en principio, se repiten; por tanto, cuando existen *pautas*. Por consiguiente, cuanto más progresa la ciencia, mayor es el ámbito de fenómenos que se relacionan con el control experimental, y más amplio es nuestro conocimiento de las pautas espaciales y temporales. La naturaleza no sólo se encuentra profundamente marcada por la estructuración, sino por la existencia de estructuras que se repiten, o sea, de pautas[14].

El término *estructura* es más amplio que el de *pauta*. En realidad, cualquier disposición espacial y temporal de lo natural tiene una estructura. Por tanto, la *estructuración* no equivale a la existencia de *pautas*. Hablamos de pautas cuando

13. Cfr. Juan CRUZ CRUZ, *Filosofía de la estructura*, 2.ª ed., EUNSA, Pamplona 1974.

14. "Nuestro mundo está hecho de pautas (*patterns*). Si tuviéramos que describir la propiedad fundamental de la materia del universo en una única frase, tendríamos que decir que la materia está formada —o creada— de tal modo que muestra un desarrollo continuamente acelerado de pautas": Carsten BRESCH, "What is Evolution?", en: S. ANDERSEN - A. PEACOCKE (editores), *Evolution and Creation*, Aarhus University Press, Aarhus 1987, p. 36.

encontramos estructuras que se repiten. En principio, cualquier estructura natural es repetible: basta que se repitan las condiciones que han provocado su existencia, y esto siempre es posible. Sin embargo, solemos hablar de pautas sólo cuando las estructuras se repiten de hecho.

Nuestro mundo no es un mundo indiferenciado, uno más entre muchos mundos posibles. *Es un mundo muy específico, que se encuentra surcado en todos sus niveles por pautas igualmente específicas*. La estructuración de la naturaleza está profundamente marcada por la existencia de pautas. En la naturaleza, *no todo son pautas, pero todo gira en torno a pautas*. Esta afirmación posee importantes implicaciones tanto científicas como filosóficas, puesto que expresa el carácter altamente específico y singular de nuestro mundo.

Las estructuras espaciales se refieren al orden que adoptan los componentes de las entidades naturales, y pueden denominarse *configuraciones*. Las estructuras temporales se refieren a los procesos, o sea, al despliegue temporal del dinamismo natural. Muchos procesos naturales se despliegan de acuerdo con pautas características, que pueden denominarse *ritmos*.

c) *El entrelazamiento de dinamismo y estructuración*

Se ha mostrado que las entidades naturales poseen un dinamismo propio y una estructuración espacio-temporal. Se puede dar un paso más, afirmando que existe un *entrelazamiento del dinamismo y la estructuración*.

Tanto el dinamismo como la estructuración atraviesan toda la naturaleza y se condicionan mutuamente: no se relacionan sólo de un modo externo, sino que se encuentran entrelazados, inter-penetrados, compenetrados. En esta línea, podemos afirmar que el despliegue del dinamismo produce estructuras espaciales; la estructuración espacial es origen de nuevos dinamismos; y el dinamismo natural se encuentra como almacenado en estructuras espaciales, que poseen potencialidades o virtualidades cuyo despliegue depende de las circunstancias externas.

Existe una proporción entre la organización espacial y el dinamismo. Las entidades naturales despliegan un dinamismo que depende de su configuración. En los vivientes, la estructura de los órganos y aparatos hace posible el despliegue de sus actividades o funciones específicas.

Lo natural puede ser caracterizado mediante el entrelazamiento del dinamismo y la estructuración. Esta propuesta significa, ante todo, caracterizar lo natural mediante su *actividad*. En efecto, expresa qué tipo de actividad corresponde a lo natural: la actividad natural responde a un *dinamismo propio*, cuyo despliegue depende de las circunstancias, pero no proviene sólo de ellas. El despliegue del dinamismo se encuentra inter-penetrado con una *estructuración espacio-temporal*, de tal manera que el dinamismo y la estructuración se condicionan mutuamente, tal como se ha explicado: el dinamismo se despliega de acuerdo con pautas tem-

porales, y las estructuras espaciales no sólo son el resultado del despliegue del dinamismo, sino también fuente de nuevos dinamismos. Por tanto, lo natural puede caracterizarse por el *entrelazamiento de dinamismo y estructuración*.

La caracterización de lo natural en función del entrelazamiento del dinamismo y la estructuración permite comprender que, *en sentido estricto, no es posible distinguir realmente la materia y las leyes de su comportamiento*. Esa distinción es legítima en las ciencias, que adoptan una perspectiva metodológica particular. Propiamente hablando, las leyes se encuentran como *incorporadas* o *inscritas* en la materia, y su formulación responde a una abstracción. Para formular las leyes científicas es preciso limitarse a situaciones experimentales que permiten controlar los factores que intervienen; las leyes que así se obtienen corresponden a la realidad, pero sólo son válidas en circunstancias muy específicas y no agotan el modo de ser de lo natural.

3.3. *Delimitación del ámbito de lo natural*

Vamos a ver a continuación que la caracterización de lo natural recién propuesta permite diferenciar lo natural frente a lo artificial y a lo racional.

a) *Lo natural y lo artificial*

En sentido estricto, *lo artificial* no tiene un dinamismo propio: sólo lo tienen las entidades naturales que lo componen. Lo artificial tiene una estructuración espacio-temporal que responde a un proyecto exterior, planeado por el artífice, pero esa estructuración no es el resultado de un dinamismo propio. El dinamismo natural tiene una consistencia propia que no depende de la voluntad humana. Cuando fabricamos artefactos, utilizamos el dinamismo natural, pero no podemos cambiarlo.

Para precisar con mayor exactitud las relaciones entre lo natural y lo artificial, hay que distinguir el *modo de producción* y los *resultados*. En efecto, puede suceder que la intervención humana sobre la naturaleza produzca entidades que son idénticas a entidades naturales que ya existen o que, aunque no existan previamente, poseen la unidad estructural y dinámica característica de las entidades naturales. Lo artificial es, entonces, nuestra intervención en el proceso de producción. Pero ni siquiera en esos casos podemos modificar el dinamismo original de la naturaleza; sólo podemos encauzarlo. Podemos decir que *existe una gradualidad en lo natural y en lo artificial*: además de los casos extremos puros, existen grados intermedios que participan de ambos modos de ser. Pero todos los procesos se apoyan, en último término, en el dinamismo y la estructuración propios de lo natural.

b) *Lo natural y lo racional*

La actividad humana responde a un dinamismo que, si bien se encuentra relacionado con estructuras espacio-temporales, las trasciende. Nuestro conocimiento intelectual incluye el sentido de la evidencia y de la verdad, la capacidad de reflexionar acerca de nuestros conocimientos, la posibilidad de formular argumentos y examinar su validez. La racionalidad nos permite proponernos fines y elegir medios, o sea, el ejercicio de la voluntad, que incluye la libertad, la capacidad de amar y el comportamiento ético.

El ejercicio de estas capacidades se encuentra relacionado con lo natural. Somos seres naturales, no espíritus puros. Sin embargo, la racionalidad responde a un dinamismo que trasciende las condiciones espaciales y temporales. El dinamismo natural se encuentra condicionado por las pautas espacio-temporales, mientras que la actividad racional puede superar, al menos con la inteligencia y la voluntad, cualquier tipo de pautas naturales.

Nuestra relación con la naturaleza es singular. Estamos sometidos a las leyes naturales, pero también podemos contemplarlas desde fuera, conocerlas y utilizarlas. Estamos inmersos en la naturaleza pero, al mismo tiempo, la trascendemos: la podemos contemplar, conceptualizar, objetivar y controlar.

3.4. *Propiedades de lo natural*

Suele decirse que lo natural es *corpóreo*, *sensible*, *material*, *espacio-temporal*, *cuantitativo*, y *necesario* (en contraposición a lo libre). El análisis de estas propiedades pondrá de manifiesto que la caracterización de lo natural en función del entrelazamiento de dinamismo y estructuración recoge de modo suficiente lo que estas características significan y evita, al mismo tiempo, los inconvenientes que pueden surgir cuando se define lo natural en función de ellas.

a) *Lo corpóreo*

Suele definirse lo corpóreo como lo que tiene dimensiones espaciales, o sea, *extensión*. Sin duda, la extensión es una importante característica de las entidades naturales. Pero si se identifica lo natural con lo corpóreo, *se deja fuera de consideración el dinamismo*, que es un aspecto fundamental de lo natural.

Además, el término *cuerpo* suele emplearse para designar el *estado sólido de la materia*, y por este motivo es casi inevitable que, si se identifica lo natural con lo corpóreo, se dejen fuera de consideración los sistemas líquidos y gaseosos, que son tan naturales e importantes como los sólidos. Y tampoco suelen calificarse como corpóreos los campos de fuerzas, que son, sin embargo, naturales y desempeñan una importante función en las ciencias y en la naturaleza.

Existe otra dificultad más grave: si bien la extensión es algo que pertenece a lo natural, no designa su modo de ser propio, ya que los artefactos también son cuerpos. Por tanto, el calificativo «corpóreo» *no permite distinguir lo natural y lo artificial*.

La caracterización en función del dinamismo y la estructuración no presenta esos inconvenientes. En efecto, incluye el dinamismo propio de lo natural; se aplica tanto a las entidades como a las propiedades y a los procesos; abarca todos los estados de la materia; se extiende no sólo a las entidades corpóreas sino también a cualquier otro tipo de entidades naturales, como los campos de fuerzas; y permite distinguir lo natural frente a lo artificial.

b) *Lo sensible*

En otras ocasiones, se caracteriza lo natural como lo *sensible*. En este caso se acentúa un importante aspecto de nuestra experiencia ordinaria, en la cual consideramos como mundo físico lo que puede ser captado por nuestros sentidos. Sin embargo, esta caracterización resulta incompleta y poco profunda.

Es *incompleta* porque *deja fuera muchas entidades naturales*, tales como las entidades microfísicas, que no son accesibles a la observación directa. Esto puede solucionarse ampliando la noción de lo sensible de modo que incluya también todo lo que se relaciona causalmente con lo que podemos percibir mediante nuestros sentidos. Esa ampliación es legítima, pero exige precisiones nada triviales si se desea darle un sentido riguroso; puede objetarse, por ejemplo, que la inteligencia y la voluntad humanas actúan sobre entidades físicas y, sin embargo, no son entidades físicas.

Además, la caracterización no es *profunda*, porque las entidades naturales no sólo poseen atributos sensibles, sino también dimensiones inteligibles. Y lo sensible se refiere a nuestras posibilidades de observación, que son algo exterior a los entes naturales; por tanto, *no refleja las características propias de lo natural*.

Estos inconvenientes se evitan cuando se caracteriza lo natural mediante el dinamismo y la estructuración. En efecto, el dinamismo no se refiere a nuestro conocimiento, sino que se encuentra en la realidad. Al incluir también la estructuración espacio-temporal se expresa suficientemente el carácter material de lo natural, y se evita al mismo tiempo definir lo natural en función de nuestras capacidades cognoscitivas.

c) *Lo material*

Frecuentemente se caracteriza lo natural como lo *material*, pero entonces se tropieza con la pluralidad de sentidos que se incluyen en el concepto de *materia*.

A veces, lo material se identifica con lo *sensible* y lo *corpóreo*. En este caso, encontraremos las dificultades que ya se han mencionado a propósito de estas dos propiedades.

En otras ocasiones, lo material designa todo aquello que actúa como *componente*, o sea, aquello de lo que algo está hecho. Este es uno de los sentidos más clásicos de la *materia* en filosofía e incluso en la vida ordinaria. Pero resulta muy poco adecuado para caracterizar lo natural.

Además, lo material se diferencia de lo *inmaterial*. Sin embargo, lo inmaterial puede ser natural: por ejemplo, en el conocimiento sensible se da una cierta inmaterialidad que pertenece, no obstante, al nivel natural.

Lo material también se distingue de lo *racional* o *espiritual*. Pero, en este caso, deberá precisarse en qué consiste esa distinción, recurriendo a ulteriores explicaciones.

En su sentido más filosófico, lo material se distingue de lo *formal*. Pero lo formal se da en la naturaleza, e incluso puede considerarse como una característica de lo natural que es aún más importante que lo material, ya que se refiere a la determinación del *modo de ser* de las entidades naturales.

En estas condiciones, parece preferible caracterizar lo natural en función del dinamismo y la estructuración: esta caracterización permite distinguir lo natural frente a lo racional, y evita los equívocos mencionados, ya que puede incluir, sin ningún inconveniente, las dimensiones inmateriales y formales de lo natural.

d) *Lo espacio-temporal*

Lo natural incluye la estructuración espacio-temporal, y por consiguiente, referencias al espacio y al tiempo. Lo *espacio-temporal* expresa dimensiones básicas de los entes naturales.

Pero se trata sólo de dimensiones que, si bien pertenecen a las entidades naturales, no bastan para caracterizar lo natural: en efecto, también lo artificial posee dimensiones espacio-temporales. Se trata de condiciones necesarias, pero no suficientes, para la conceptualización de lo natural.

La estructuración espacio-temporal se encuentra interpenetrada con el dinamismo natural: es origen, resultado y condición de ese dinamismo. Por tanto, lo espacio-temporal es un aspecto fundamental de lo natural, pero no basta para caracterizarlo.

e) *Lo cuantitativo*

Lo *cuantitativo* expresa las dimensiones que se refieren a la *cantidad* (extensión, divisibilidad, localización, etc.), y es una característica primaria del mundo físico.

Sin duda, cualquier definición de la naturaleza deberá incluir una referencia a lo cuantitativo. Pero, lo mismo que sucede con lo espacio-temporal (estrechamente relacionado con lo cuantitativo), sólo se trata de una condición necesaria,

ya que también se da en lo artificial y no basta para expresar las características propias de lo natural: en efecto, no recoge la existencia del dinamismo propio de lo natural.

En cambio, la estructuración espacio-temporal, que forma parte de la caracterización de lo natural que se ha propuesto, incluye la referencia a lo cuantitativo, sin reducir lo natural a ese aspecto.

f) *Lo necesario*

Por fin, a veces se califica lo natural como lo *necesario* en contraposición a lo racional, que es el ámbito de la libertad. Así se alude al tipo de actividad propia de lo natural: se trataría de una actividad cuyo desarrollo seguiría unas pautas necesarias.

Sin embargo, aunque resulta legítimo contraponer la necesidad natural a la actividad libre propia del ser racional, esto significa poco más que la negación de la libertad. Cuando se dice que, a diferencia del ser libre, las entidades naturales actúan de modo necesario, en realidad se pretende simplemente resaltar que en ellas no se da la libertad propia del ser racional. Además, si se desea precisar qué significa la necesidad natural, hay que abordar los problemas del *determinismo*, que no son nada triviales.

En cambio, ni el dinamismo ni la estructuración conducen a una idea determinista de lo natural. Dejan abierto el problema del indeterminismo. La caracterización de lo natural mediante el dinamismo y la estructuración permite distinguir lo natural de lo racional, evitando al mismo tiempo los inconvenientes que surgen cuando se afirma que lo natural se comporta de un modo rígidamente determinista.

3.5. *La caracterización aristotélica de lo natural*

La caracterización de lo natural en función del entrelazamiento de dinamismo y estructuración recoge los aspectos esenciales de la caracterización aristotélica de lo natural, que presenta a la naturaleza como *principio interior de actividad.*

He aquí las palabras con las que Aristóteles presenta su idea de la naturaleza: "Entre las cosas que existen, algunas *existen por naturaleza* , algunas *por otras causas*. Existen por naturaleza los animales y sus partes, y las plantas, y los cuerpos elementales (tierra, fuego, aire, agua), pues decimos que estas cosas y las semejantes a ellas existen por naturaleza... *la naturaleza es el principio y la causa del movimiento y del reposo para la cosa en la que ella reside inmediatamente, por sí y no por accidente*" [15]. Con las últimas palabras, Aristóteles afirma que

15. ARISTÓTELES, *Física*, II, 1, 192 b 8 - 23.

lo natural se distingue de lo *accidental* (o sea, lo *casual*, que resulta de la coincidencia fortuita de causas).

La naturaleza, según Aristóteles, es un principio interno de actividad que sólo se da en las *entidades* naturales (que suelen denominarse *substancias*)[16]. Las entidades naturales por excelencia son los vivientes, cuyo desarrollo y actividad responde a tendencias internas.

Lo natural, según Aristóteles, se distingue de lo *artificial*, que en cuanto tal no posee tendencias internas (sólo las poseen sus componentes naturales); de lo *casual*, que se produce por la coincidencia accidental de causas naturales y, por tanto, no tiende hacia fines determinados; y de lo *violento*, que procede de causas exteriores, impidiendo el desarrollo de las tendencias naturales y, por tanto, la realización del fin natural. Lo natural se encuentra estrechamente relacionado con las *tendencias* hacia *fines* determinados: la filosofía natural aristotélica es *teleológica*, porque está centrada en la *finalidad* de las substancias, cada una de las cuales posee unas tendencias interiores que además se encuentran organizadas cooperativamente en el sistema de la naturaleza.

Estas ideas de Aristóteles aparecen unidas a una cosmovisión que, en parte, ha sido superada por el progreso de las ciencias; por este motivo, a veces se afirma que han perdido su valor[17]. Sin duda, la cosmovisión aristotélica incluye teorías acerca de los cuatro elementos, los movimientos naturales y los cuerpos celestes, que no pueden sostenerse en la actualidad. Sin embargo, la caracterización aristotélica de la naturaleza no depende de esa cosmovisión y conserva, en lo esencial, su valor[18].

¿Qué relación existe entre la caracterización aristotélica de la naturaleza y la que aquí hemos propuesto? Ambas resaltan el dinamismo interno de lo natural frente a lo artificial. Además, al afirmar que ese dinamismo se despliega de acuerdo con pautas, hemos subrayado también su direccionalidad, concepto que se encuentra relacionado con la finalidad aristotélica. Por otra parte, aunque Aristóteles no menciona la estructuración espacio-temporal cuando define la naturaleza, el contexto da a entender que las entidades y actividades de que habla existen en condiciones espacio-temporales. Las coincidencias son, por tanto, muy grandes, y se refieren a las ideas esenciales.

16. Cfr. *ibid*., 192 b 33-34.

17. Por ejemplo, A. Mansion, uno de los principales estudiosos modernos de Aristóteles, ha afirmado que la definición aristotélica es demasiado frágil porque sólo se fundamenta en un análisis muy sucinto de la experiencia diaria y del lenguaje ordinario, añadiendo que la debilidad de esa definición repercute en la entera filosofía natural de Aristóteles: cfr. A. MANSION, *Introduction à la physique aristotélicienne*, 2.ª ed., Vrin, Paris 1945, p. 101.

18. Cfr. A. PREVOSTI, *La Física d'Aristòtil. Una ciència filosòfica de la natura*, Promociones Publicaciones Universitarias, Barcelona 1984, pp. 207-239; A. QUEVEDO, *«Ens per accidens». Contingencia y determinación en Aristóteles*, EUNSA, Pamplona 1989, pp. 219-261.

Capítulo II
Las entidades naturales

El dinamismo y la estructuración no tienen una existencia propia: se dan en unos *sujetos*, que son las *entidades naturales*. Existe una enorme variedad de entidades naturales, que poseen diferentes grados de individualidad, unidad y organización.

Para representar las entidades naturales, disponemos de dos conceptos: el de *substancia*, que tiene una larga tradición filosófica, y el de *sistema*, muy empleado en nuestra época. Utilizaremos ambos conceptos e intentaremos mostrar que la caracterización de las entidades naturales como sistemas permite representar la gran variedad de entidades que se dan en la naturaleza y, al mismo tiempo, aplicar el concepto de substancia a los sistemas unitarios individuales.

En el primer apartado se analizan la noción de sistema, sus implicaciones, y los tipos de sistemas naturales. A continuación se propone una noción de substancia que corresponde a los sistemas naturales unitarios e individuales. En el último apartado se determina cómo se realiza la substancialidad en los diferentes niveles de la naturaleza.

4. Los sistemas naturales

Utilizaremos la noción de «sistema» para representar las entidades individuales, sus agrupaciones, y su articulación en el sistema total de la Naturaleza. Examinaremos a continuación su significado y los diferentes tipos de entidades a los que se aplica, centrando la atención en torno a los sistemas naturales.

4.1. *La noción de sistema*

El término *sistema* proviene del griego: *syn* (con, junto a) e *hístemi* (poner, colocar). Expresa la idea de un objeto que está colocado junto a otro u otros, for-

mando un orden, una sucesión, un conjunto. Se relaciona con *síntesis*, que significa composición, ordenamiento, ajuste, armonía. Se utiliza para designar un conjunto de reglas o principios enlazados entre sí (por ejemplo, un sistema de gobierno); una combinación de cuerpos y movimientos que, siendo diferentes, forman un todo (por ejemplo, el Sistema Solar); un conjunto de órganos o partes similares que concurren a una misma función (por ejemplo, el sistema nervioso). En general, toda serie, ordenamiento, sucesión, es un sistema (político, filosófico, métrico): el sistema es encadenamiento, orden, correlación, concierto, armonía.

Si no se introducen más precisiones, la noción de «sistema» es tan general que puede aplicarse, de algún modo, a cualquier conjunto cuyos componentes estén relacionados. Sin embargo, suele utilizarse con frecuencia, sobre todo a partir de la formulación de la *teoría general de sistemas*[1], en los casos en que existe una unidad más fuerte.

Hay que distinguir el uso *científico* y el *filosófico* de la noción de sistema. En la ciencia experimental, cada disciplina adopta una perspectiva particular y en función de ella define los sistemas, sus propiedades y sus estados: por ejemplo, los sistemas de la termodinámica y sus estados pueden definirse mediante la presión, la temperatura y el volumen; por tanto, esos sistemas no son una representación completa de las entidades naturales, pues sólo se refieren a los aspectos considerados por la respectiva disciplina. En cambio, la filosofía considera los sistemas tal como se dan en la naturaleza, bajo el punto de vista de su modo de ser fundamental (aunque esto no implica que se pretenda conocerlos de modo exhaustivo). Nuestra reflexión tendrá en cuenta, como es lógico, los conocimientos proporcionados por las ciencias, pero se dirige hacia los *sistemas naturales* e intenta determinar sus modos de ser, adoptando una perspectiva filosófica.

4.2. *Tipos de sistemas naturales*

En la naturaleza existe una enorme variedad de sistemas. No pretendemos agotar su clasificación; se trataría de una tarea enciclopédica que, por otra parte, no tendría excesivo interés filosófico. Lo que interesa a la filosofía es analizar los tipos generales de sistemas naturales y estudiar las características peculiares de los sistemas que poseen una unidad más fuerte, pues son estos sistemas los que hacen que la naturaleza posea una organización muy especial.

La tipología que se propone a continuación se limita a diferenciar dos grandes grupos de sistemas en función de la *integración* de los componentes en *un* sis-

1. Esa teoría se basa en los trabajos de Ludwig von Bertalanffy. Pueden verse sus obras: *General System Theory*, George Braziller, New York 1969; *Perspectivas en la teoría general de sistemas*, Alianza, Madrid 1986. Se encuentra un análisis de los conceptos centrales de la teoría en: S. S. Robbins - T. A. Oliva, "The Empirical Identification of Fifty-one Core General Systems Theory Vocabulary Components", *General Systems*, 28 (1983-1984), pp. 69-76.

tema; por tanto, a los grados de *individualidad* y de *unidad*. Denominaremos *sistemas unitarios* a los sistemas individuales cuyos componentes se integran en un modo de ser unitario, y analizaremos otros sistemas que, si bien poseen una cierta unidad, no son entidades individuales: las *mezclas*, las *agregaciones*, los *sistemas de orden*, y los *ecosistemas*.

a) *Sistemas unitarios*

Muchas entidades naturales son auténticos sistemas unitarios, porque en ellas existen verdaderas novedades estructurales y dinámicas: se forman nuevos patrones estructurales como consecuencia de las interacciones de los componentes, y las características del sistema no se reducen a la mera agregación o suma aritmética de las características de los componentes. Estos sistemas son individuales, poseen una nueva estructura unitaria y un nuevo dinamismo propio. Los denominaremos sistemas *unitarios* porque poseen un modo de ser unitario, y su actividad es propia del sistema en cuanto tal.

En la actualidad se admite generalmente, como un hecho, que en muchos sistemas se dan *novedades* que no se reducen a la mera yuxtaposición de los componentes, y que, en esos casos, se da una *emergencia* de nuevas características. En los diferentes niveles de la naturaleza existen sistemas que no se reducen a una mera yuxtaposición de componentes, ya que poseen propiedades que no se encuentran en los componentes, y poseen además un dinamismo y una estructuración que son propias del sistema como tal.

Los sistemas unitarios poseen diferentes grados de unidad y organización. Algunos poseen una especial unidad, tanto en el aspecto dinámico como en el estructural; se trata de sistemas individuales que poseen un alto grado de integración, cooperatividad y direccionalidad. Éste es el caso, sobre todo, de los vivientes.

Las dos características principales de los sistemas unitarios son la *individualidad* y la *unidad*. La *individualidad* no significa independencia total frente a las demás entidades, pero sí un cierto grado de independencia: poseer estructuración y dinamismo propios. La *unidad* se refiere a la integración efectiva de los componentes en el sistema, y se manifiesta tanto en la estructuración (holismo o carácter de totalidad) como en el dinamismo (cooperatividad).

b) *Otros sistemas*

Frente a los sistemas unitarios, otros sistemas naturales poseen una cierta unidad, pero no son entidades individuales. Es el caso de las *mezclas*, las *agregaciones*, los *sistemas de orden*, y los *ecosistemas*. En estos casos, los componentes conservan su individualidad y sus caracteres básicos, y el sistema posee un grado de individualidad, unidad e integración menor que en el caso de los sistemas uni-

tarios. La noción de sistema se les aplica en sentido débil; sin embargo, se puede aplicar porque existen relaciones estructurales que implican una cierta unidad.

En las *mezclas*, los componentes mantienen su individualidad, sin formar un nuevo sistema unitario. Pero es obvio que este rasgo general admite muchos grados. El grado ínfimo consiste en una simple yuxtaposición; en este caso, la noción de sistema sólo puede aplicarse en un sentido muy genérico, que ofrece poco interés. Sin embargo, en algunos casos existe una unidad mayor, y puede hablarse de sistemas en sentido débil: por ejemplo, las *agregaciones* naturales del agua de los mares y ríos suelen ser bastante homogéneas y, aunque no se formen nuevas pautas químicas, existen estructuras y dinamismos de tipo sistémico.

En los *sistemas de orden*, los componentes son sistemas individuales completamente diferenciados que se encuentran ordenados mediante relaciones estables, de modo que las interacciones entre ellos dan lugar a situaciones en las cuales existen aspectos estables. Éste es el caso, por ejemplo, del Sistema Solar, en el cual las órbitas de los planetas siguen pautas regulares.

Los *ecosistemas* constituyen el objeto de la ecología. Un ecosistema es un sistema complejo que incluye todo un conjunto de subsistemas de diversos tipos. Tiene una cierta unidad porque entre sus componetes existen relaciones de interdependencia, y posee, además, una cierta dinámica propia[2].

Centraremos ahora nuestra atención en los *sistemas unitarios*, que son propiamente las *entidades* o *substancias naturales*.

5. Las substancias naturales

Desde la antigüedad se ha utilizado el concepto de *substancia* para designar a las entidades naturales. Se trata de uno de los conceptos centrales de la filosofía y ha sido objeto de numerosas interpretaciones en todas las épocas. Mostraremos ahora que las consideraciones expuestas en el apartado precedente acerca de los sistemas naturales arrojan nuevas luces acerca del concepto de substancia y de su aplicación en la actualidad.

2. La noción de *ecosistema* fue formulada por Arthur G. Tansley en su artículo “The Use and Abuse of Vegetational Concepts and Terms”, *Ecology*, 16 (1935), pp. 284-307, donde afirmaba: “Las tramas de la vida, ajustadas a determinados complejos ambientales, son verdaderas unidades a veces muy integradas, que constituyen los núcleos vivientes de *sistemas*, en el sentido que dan los físicos a esta palabra... Dentro de cada sistema tienen lugar intercambios de muchas clases, no sólo entre los organismos, sino también entre el mundo orgánico y el inorgánico. Estos *ecosistemas*, como preferimos llamarlos, pueden ser de muchas clases y tamaños, formando una de las categorías de los distintos tipos de sistemas físicos del Universo, que van desde el Universo como un todo hasta el átomo”. Cfr. B. Peco, voz «Ecosistema», en: AA. VV., *Diccionario de la naturaleza*, Espasa Calpe, Madrid 1993, pp. 198-202.

5.1. *La noción de substancia*

Proponemos, en primer lugar, una caracterización inicial de la substancia, que servirá como base para las reflexiones ulteriores.

Las substancias pueden caracterizarse como entidades cuyo modo de ser posee tres notas: subsistencia, subjetualidad y unidad.

La *subsistencia* significa que la substancia posee un *ser propio*. Esto las diferencia de los *accidentes*, como el tamaño o el color, que no existen separadamente: sólo existen como determinaciones de un sujeto subsistente.

La *subjetualidad* significa que la substancia es el *sujeto* al que se atribuyen las propiedades y la actividad. Se encuentra estrechamente relacionada con la subsistencia; en efecto, el sujeto al que se atribuyen propiedades y actividad es la entidad que tiene subsistencia o ser propio.

La *unidad* propia de la substancia consiste en poseer una *esencia* o modo de ser unitario que permite identificar al sujeto y permanece a través de los cambios accidentales.

Estas notas se resumen en la caracterización clásica de la substancia como *aquella entidad a cuya esencia le compete ser en sí y no en otro*. Se afirma que la substancia posee un modo de ser unitario, una esencia, a la que corresponde subsistir con un ser propio. En cambio, a los accidentes les compete *ser en otro*: no tienen ser propio, porque son determinaciones de la substancia.

5.2. *La substancialidad en la filosofía aristotélica*

El concepto de substancia ocupa un lugar central en la filosofía de Aristóteles y, a pesar de las críticas de que ha sido objeto a lo largo de los siglos, la caracterización aristotélica de la substancia sigue ocupando un puesto privilegiado en la actualidad[3]. Se trata de un tema central de la metafísica; aquí sólo nos ocuparemos de su aplicación a las entidades naturales.

Aristóteles planteó la pregunta acerca de la sustancia como el problema central de la filosofía, ya que equivale a determinar qué es el ente, qué hay en la realidad, qué es propiamente la realidad.

En efecto, según Aristóteles, *ente* se dice en varios sentidos: esencia, cantidad, cualidad, etc., pero su primer significado es la esencia, que significa la subs-

3. La importancia de las ideas aristotélicas acerca de la substancia para el estudio de la naturaleza se encuentra afirmada en muchos estudios actuales, desde perspectivas que, por otra parte, difieren en importantes aspectos de la nuestra. Puede verse, por ejemplo: M. Espinoza, "Critique de la science antisubstantialiste", *Theoria*, 5 (1990), pp. 67-84, y "La catégorie naturelle ultime", *Revue de Métaphysique et de Morale*, 98 (1993), pp. 367-393.

tancia. La idea central es que, cuando decimos *qué es* algo, no decimos que es blanco ni caliente ni que mide tres codos, sino que es un hombre o una planta, y todo lo demás se llama ente por ser cantidades o cualidades o afecciones de la substancia; lo que no es substancia, no tiene existencia propia ni puede separarse de la substancia, de tal manera que *el ente, en su sentido primario, es la substancia*. Sólo la substancia tiene existencia propia; además, las demás categorías suponen la substancia; y conocemos algo sobre todo cuando conocemos qué es. Por tanto, *la substancia es el objeto primero del estudio filosófico*[4].

En definitiva, el término «substancia» remite al *modo de ser* de los entes que tienen un ser propio. Por ejemplo, ser planta o ser hombre implica un modo de ser substancial, a diferencia de lo que expresan los accidentes, como ser blanco o medir dos metros. La substancia *no inhiere en otro* y, por tanto, *no se predica de otro* (el término «inherir» significa que algo tiene ser en otro, que es un accidente de un sujeto substancial). La substancia es el *ente capaz de subsistir separadamente*, autónomo, en sí y por sí. Es *algo determinado*, no universal o abstracto. Tiene *unidad intrínseca* y no es un mero agregado de partes múltiples. Es *acto*, actualidad, no potencialidad sin actualizar[5].

Cuando Aristóteles aplica la noción de substancia a los entes concretos, o sea, cuando se pregunta *cuáles son las substancias*, responde que los entes donde la substancialidad se da más claramente son los animales, las plantas, y sus partes; los cuerpos naturales (fuego, agua, tierra y otros de ese género), las partes de éstos y los compuestos de ellos (el cielo y sus partes, los astros, la Luna, el Sol)[6].

Según Aristóteles, *en el ámbito material sólo los entes naturales son substancias*. La substancia se distingue de las meras *agregaciones*, en las cuales los componentes conservan su esencia. Y se distingue también de los entes artificiales o *artefactos*, que no poseen una unidad intrínseca sino solamente funcional.

La perspectiva aristotélica no incluye la creación; por tanto, no proporciona una explicación última de las substancias. Según Aristóteles, el primer motor mueve como causa final; no produce el ser. Tomás de Aquino utilizó las ideas aristotélicas, pero las integró en una perspectiva metafísica diferente, centrada en torno a la *creación*. La substancia material resulta inteligible porque encuentra su razón de ser en la creación, en la inteligencia y voluntad divinas. La creación es el fundamento último del ser de la naturaleza. El plan divino de la creación responde a la difusión de la perfección y bondad divinas, a su participación por las criaturas (y especialmente por el hombre, criatura racional capaz de conocer y amar a Dios), y ese plan hace inteligible la realidad creada.

La perspectiva de Tomás de Aquino acerca de la substancia utiliza las ideas aristotélicas, pero las integra en una perspectiva nueva, que enriquece notable-

4. Cfr. ARISTÓTELES, *Metafísica*, VII, 1, 1028 a 10 - b 7.
5. Cfr. *ibid.*, VII, 3, 1029 a 7 ss.
6. Cfr. *ibid.*, VII, 2, 1028 b 8-13.

mente a la de Aristóteles. La doctrina tomista gira alrededor del *actus essendi*, «acto de ser» de la criatura que es recibido por participación del Ser divino. Dios no *tiene* ser, sino que *es* el *Ser*; su modo de ser o esencia consiste en la plenitud del Ser, y a través de la creación produce el ser de las criaturas. Las substancias creadas remiten, tanto en su entidad como en su inteligibilidad, a su *ser*, que es propio pero recibido de Dios, y su ser se realiza de acuerdo con los modos de ser concretos expresados por la *esencia*.

5.3. *Substancias y sistemas unitarios*

Hemos caracterizado a los *sistemas unitarios* como aquéllos que poseen una individualidad claramente diferenciada y una fuerte unidad. Pero las substancias poseen precisamente esas dos notas: son sujetos individuales que poseen unidad estructural. Por tanto, puede decirse que *los sistemas unitarios corresponden a la noción de substancia*. Las substancias son sistemas individuales que poseen la unidad característica de las totalidades, una organización propia, en definitiva un *modo de ser unitario*; por estos motivos afirmamos que los sistemas unitarios corresponden a la noción de substancia.

En la naturaleza se da una enorme diversidad de sistemas, muchos de los cuales no son unitarios; sin embargo, son el resultado de un dinamismo que se despliega en torno a los sistemas unitarios: se componen de sistemas unitarios y son producidos por interacciones entre ellos. Puede afirmare que *en la naturaleza no todo son substancias, pero todo se articula en torno a las substancias*.

5.4. *Características de las substancias naturales*

Nos referiremos ahora a las tres características básicas de las substancias naturales que ya hemos mencionado (la subsistencia, la subjetualidad y la unidad), examinando su significado a la luz de la identificación de las substancias naturales con los sistemas naturales primarios o sistemas unitarios.

a) *La substancia como entidad natural en sentido pleno*

Entre las entidades naturales, los vivientes ocupan un lugar privilegiado, porque son los sistemas que muestran del modo más patente la organización de la naturaleza; son sistemas individuales que poseen una organización unitaria cuyos componentes cooperan de modo funcional. Otras entidades naturales poseen también una fuerte unidad y pueden ser calificadas como sistemas untarios. La identificación de esos sistemas con las substancias muestra que la noción de substancia designa *el ente en sentido primario*, la entidad natural que posee un ser propio

y un modo de ser característico. La substancialidad es el modo de ser básico y el sujeto de las modificaciones accidentales. La substancia, como ente en sentido primario, expresa la entidad natural por antonomasia.

Por ese motivo, *la noción de substancia es una categoría básica para conceptualizar el mundo físico*: expresa la entidad en sentido propio y, por tanto, todo lo demás se refiere a ella. Afirmar que la substancia es la categoría central equivale a afirmar que los demás aspectos de la naturaleza la suponen y se refieren a ella.

La existencia real de los sistemas naturales unitarios muestra que la substancia no es una simple exigencia del pensamiento, sino que refleja modos de ser reales. La substancia natural no es una entidad fantasmagórica añadida a los datos de la experiencia (como afirma el empirismo), sino una entidad real que es el centro de la articulación del dinamismo y la estructuración. La substancia es el *modo de ser primario* al que remiten todos los demás modos de ser: las agregaciones de substancias, y los accidentes.

b) *La substancia como sujeto del dinamismo natural*

Los sistemas naturales unitarios no son, en modo alguno, sujetos pasivos; por el contrario, el dinamismo de la naturaleza se manifiesta de modo privilegiado en esos sistemas, que son fuente de actividades específicas. El dinamismo no es un simple movimiento añadido exteriormente a los sistemas primarios, sino, por así decirlo, un despliegue energético que se desarrolla de acuerdo con pautas. De ahí resulta que, si se identifican esos sistemas con las substancias naturales, puede decirse que *las substancias son los sujetos del dinamismo natural*.

Las substancias son centros de dinamismo y de estructuración. El camino seguido por las ciencias así lo manifiesta. En efecto, en las ciencias ocupa un lugar especialmente destacado la búsqueda de las organizaciones unitarias que se encuentran en el origen de los procesos y que son su resultado natural, y esto son los sistemas unitarios. En ellos se manifiesta de modo patente el entrelazamiento entre el dinamismo y la estructuración, ya que poseen un dinamismo unitario que responde a su estructura, y una estructura que es el resultado unitario de procesos naturales.

Los sistemas unitarios y, por tanto, *las substancias son el resultado de los despliegues del dinamismo natural*. Su existencia depende de condiciones específicas: si faltan esas condiciones, el sistema no llega a existir o, si existía, deja de existir. Esto equivale a afirmar que las substancias naturales no poseen una *consistencia* absoluta, independiente de las circunstancias; su ser y su actividad son contingentes porque dependen de condiciones contingentes. De ahí resulta que, cuando hablamos de substancias naturales, no estamos afirmando que existan unos sujetos *inmutables*, *indestructibles* o absolutamente *permanentes*.

En definitiva, *las substancias se encuentran inmersas en el dinamismo natural, del que son fuente y resultado*. Mientras se dan las condiciones que hacen po-

sible su existencia, mantienen su consistencia y despliegan su dinamismo a través de procesos que suelen denominarse *cambios accidentales* porque en ellos no cambia el carácter fundamental de la substancia. Por el contrario, cuando faltan las condiciones necesarias para su existencia, se producen *cambios substanciales* que consisten en la transformación de la substancia: el sistema pierde su consistencia característica y se produce otro u otros sistemas diferentes. Y la consistencia propia de cada substancia se relaciona con su unidad estructural.

c) *La substancia como unidad estructural*

Ya se ha señalado que un rasgo básico de la substancialidad es la unidad estructural; si falta esa unidad, no existirá una verdadera substancia, sino tan sólo una simple agregación. De nuevo, esta característica resulta patente cuando se identifican las substancias con los sistemas naturales unitarios, a los que hemos denominado *unitarios* precisamente para subrayar su unidad estructural.

La unidad estructural implica un cierto *orden*, que es especialmente fuerte cuando existe no sólo un orden genérico sino una auténtica *organización* en la cual los componentes cooperan de modo funcional en la existencia y en la actividad del sistema. Es lo que sucede en el caso de los vivientes, cuya estructura prevalece sobre los componentes: considerados en su materialidad concreta, los componentes cambian continuamente, pero la estructura fundamental permanece a través de esos cambios; además, la existencia y la actividad de cada parte está condicionada por la funcionalidad cooperativa de las demás partes dentro de la organización estructural unitaria.

La substancia natural posee, por tanto, un *modo de ser propio* que se caracteriza por una unidad estructural específica. Se trata de un núcleo básico que puede permanecer a través de múltiples cambios que no llegan a modificarlo (*cambios accidentales*), pero también puede transformarse en otro modo de ser cuando dejan de darse las condiciones requeridas (*cambio substancial*).

5.5. *Mecanicismo, subjetivismo y procesualismo*

Examinaremos a continuación algunas concepciones de la substancia que difieren de la que aquí se ha expuesto: concretamente, las concepciones del mecanicismo cartesiano, del subjetivismo kantiano, y del procesualismo.

a) *El mecanicismo cartesiano*

El *mecanicismo* tuvo precedentes en los atomistas antiguos (Leucipo, Demócrito, Epicuro, Lucrecio Caro) y, cuando en el siglo XVII nació sistemáticamente la moderna física matemática, fue defendido por científicos y filósofos

que lo consideraban como la filosofía coherente con la nueva ciencia. Tuvo gran influencia durante los siglos XVIII y XIX.

Fue Descartes quien formuló del modo más explícito la doctrina mecanicista. Las afirmaciones centrales del mecanicismo cartesiano son que la substancia corpórea se reduce a extensión; que todas las propiedades de las substancias corpóreas se reducen a lo cuantitativo, o sea, a la magnitud, forma y movimiento; y que todo movimiento se reduce a movimiento local, o sea, al desplazamiento de las partes de materia[7].

En esta perspectiva, la naturaleza queda desprovista de dinamismo interno. Más exactamente, Descartes atribuía el movimiento de los cuerpos a un impulso original que Dios les había comunicado al crearlos, y añadía que, debido a la inmutabilidad divina, esa cantidad de movimiento permanecería constante a lo largo del tiempo[8].

Por otra parte, el mecanicismo cartesiano borra la distinción entre lo natural y lo artificial: todo lo corpóreo se explicaría de acuerdo con los mismos principios; por ejemplo, los vivientes serían básicamente semejantes a cualquier otro tipo de máquinas. La única distinción que Descartes admite es la que se da entre lo corpóreo-material y lo espiritual. De acuerdo con este dualismo radical, el ser humano estaría compuesto por dos substancias completas, cuerpo y alma, que se comunicarían de modo extrínseco, sin llegar a constituir una sola substancia.

Descartes definió la substancia como “una cosa que existe de tal manera que no tiene necesidad de ninguna otra para existir”[9]. Pero esta definición es confusa. En efecto, el mismo Descartes adviertió enseguida que, en sentido estricto, sólo puede aplicarse a Dios, pues las criaturas necesitan del concurso divino para existir.

Descartes afirmó que la existencia del yo pensante es la certeza básica y el fundamento de toda ulterior certeza. El yo piensa, duda, entiende, concibe, afirma, niega, quiere, imagina, siente; es una substancia pensante o *res cogitans*. La substancia material, en cambio, es una *res extensa*; su carácter esencial es la extensión, y las cualidades no son más que afecciones causadas en el sujeto cognoscente por la materia. Las substancias tienen un atributo principal, que constituye su esencia; en el caso del alma, ese atributo es el pensamiento, y en el caso de los cuerpos, es la extensión[10].

La identificación de la substancia corpórea con la extensión es problemática, puesto que la extensión es una característica accidental, y no permite fundamentar

7. Cfr. R. DESCARTES, *Los principios de la filosofía*, 1.ª parte, n.º 53 (en: *Oeuvres*, editadas por Ch. ADAM y P. TANNERY, Vrin, Paris 1964, tomo IX-2, p. 48), y 2.ª parte, n.º 23 (*ibid.*, p. 75).

8. Cfr. *ibid.*, 2.ª parte, n.º 36 (en: *Oeuvres*, tomo IX-2, pp. 83-84).

9. “Une chose qui existe en telle façon qu’elle n’a besoin que de soi-même pour exister”: R. DESCARTES, *Los principios de la filosofía*, cit., 1ª parte, n.º 51 (en: *Oeuvres*, cit., tomo IX-2, p. 47).

10. Cfr. *ibid.*, n.º 53 (en: *Oeuvres*, cit., tomo IX-2, p. 48).

la unidad que exige la sustancia. Descartes afirmó que la extensión corresponde a la idea clara y distinta que tenemos de los cuerpos; sin embargo, se trata más bien de una *imagen* que puede ser representada y estudiada *geométricamente*. En su afán de proporcionar una base filosófica para la nueva ciencia matemática de la naturaleza, Descartes redujo la substancia material a los aspectos geométricos, pero esa reducción no puede fundamentarse con rigor y ocasiona serias dificultades. Por ejemplo, se plantean problemas en orden al *conocimiento de la substancia*: ¿cómo se conocería una substancia material, después de haberla despojado de todas sus propiedades, reduciéndola a pura extensión? Esto choca con la experiencia.

En la perspectiva de Descartes, la substancia material carece de dinamismo interno y de tendencias, quedando reducida a un substrato pasivo e inerte. Esta idea ha condicionado una gran parte de las críticas posteriores contra la substancialidad, que rechazan la existencia de las substancias naturales sin advertir que, en realidad, sólo están rechazando las ideas cartesianas.

La imagen mecanicista es sólo un modelo explicativo parcial, que tiene serias limitaciones incluso en el ámbito de la física matemática. Las ideas básicas del mecanicismo han sido superadas. De hecho, en la física clásica ya existían factores, como las fuerzas y los campos de fuerzas, que difícilmente se podían compaginar con el mecanicismo. Sin embargo, el éxito de la nueva física frecuentemente se interpretó como una prueba en favor de las ideas mecanicistas. Hubo que esperar varios siglos para que en el ámbito científico se manifestasen claramente las insuficiencias del mecanicismo. Las revoluciones científicas del siglo XX, especialmente la física cuántica y la teoría de la relatividad, mostraron que los modelos mecánicos sólo son un tipo posible de modelos: sólo representan algunos aspectos de la naturaleza, y resultan inaplicables en el estudio de muchos fenómenos.

La identificación de lo corpóreo con una materia inerte y pasiva, reducida a pura extensión y exterioridad, es un residuo del mecanicismo cartesiano, que ha ejercido un papel muy importante en el pensamiento occidental.

b) *El subjetivismo kantiano*

Según Kant, la substancia es una de las categorías *a priori*, que no tienen su origen en la experiencia, y son condiciones de posibilidad de la experiencia. El conocimiento se organiza de acuerdo con el proceso siguiente: la sensibilidad sólo proporciona impresiones incoherentes, y para pensar, necesitamos ordenar las impresiones sensibles; en un primer paso, las ordenamos en el espacio y el tiempo, que son formas *a priori* de la sensibilidad, y en un segundo paso, formulamos conceptos que son también *a priori*, y cumplen la función de hacer inteligible la experiencia. La substancia es uno de esos conceptos; una forma pura que no corresponde a algo real, sino sólo a nuestro modo de conceptualizar: no podemos pensar sin la noción de substancia, que expresa *lo que permanece a través de los cambios*. Esta noción nos permite organizar la experiencia de manera inteligible.

No podemos representarnos los cambios sin un sujeto, y a ese sujeto se refiere la categoría de substancia.

En la perspectiva kantiana, la substancialidad es una condición *a priori* del conocimiento, que nos permite pensar *la permanencia de los fenómenos en el tiempo*, y hace posible toda determinación del tiempo. La substancia viene concebida como un *substrato pasivo e inerte*, sin vida propia; es una noción que se refiere a la permanencia de los fenómenos en el tiempo.

Las ideas kantianas están condicionadas por el valor que la física de Newton tenía a los ojos de Kant. Pensando que la física newtoniana tenía un valor definitivo, Kant intentó fundamentarla filosóficamente; la substancia correspondería a la materia newtoniana. Su *quantum* o cantidad permanece; esto corresponde a la constancia de la masa newtoniana concebida como cantidad de materia. Pero el progreso científico posterior ha mostrado los límites de la física newtoniana y, por tanto, los límites del planteamiento kantiano que pretendía justificar la validez definitiva de esa física.

Kant advirtió correctamente el aspecto *constructivo* de la ciencia matemática de la naturaleza. Este aspecto es muy importante; los conceptos de la física matemática no se obtienen sólo por abstracción, los construimos nosotros. Se comprende que, al utilizar el concepto de substancia como fundamento de la ciencia, también afirmara que ese concepto es una construcción nuestra. Kant tiene el mérito de haber señalado que, para valorar el conocimiento de la naturaleza, es necesario considerar nuestro modo de conceptualizar. Sin embargo, no consiguió explicar el valor real de nuestro conocimiento.

El planteamiento kantiano está condicionado por el falso dilema entre "ser derivado totalmente de la experiencia sensible" y "ser totalmente obra de la inteligencia". La sensibilidad y el entendimiento, que de por sí estarían totalmente separados, se unificarían a través de unas categorías intelectuales cuyo valor es difícil de justificar. En realidad, existe una continuidad e interpenetración mucho mayor entre el conocimiento sensible y el intelectual, de modo que conocemos intelectualmente las substancias naturales a través de sus accidentes. Sin duda, la substancia es una categoría mental; pero puede ser utilizada para representar la realidad.

c) *Procesualismo y energetismo*

Desde el siglo XVII, la ciencia experimental ha destacado la importancia de conceptos tales como las fuerzas y la energía, que se refieren al dinamismo natural. En nuestra época han cobrado una importancia cada vez mayor doctrinas tales como el *dinamismo*, el *energetismo* y el *procesualismo*, que subrayan, respectivamente, la relevancia de las fuerzas, la energía y los procesos, o sea, de los aspectos dinámicos de la naturaleza.

Estas doctrinas representan una reacción saludable frente al mecanicismo.

Sin embargo, en algunas ocasiones se llega a exageraciones, puesto que parecen substancializar el dinamismo, negando la consistencia de los aspectos estructurales de la naturaleza. Por ejemplo, de acuerdo con algunas formas de procesualismo, lo estable en la naturaleza no representaría sino momentos parciales dentro de un continuo devenir, que sería la realidad natural auténtica.

Uno de los representantes clásicos del *procesualismo* fue Henri Bergson. El telón de fondo de toda su obra es un dualismo que contrapone lo estático y lo dinámico, y en el que triunfa lo dinámico. Frente al mecanicismo, Bergson subrayó con acierto la importancia de los aspectos dinámicos, pero llevó su reacción hasta el extremo de afirmar, de algún modo, la *sustancialización del cambio*. Bergson criticó, con razón, que se atribuya a algunos aspectos de la realidad una inmovilidad absoluta. Afirmó, de nuevo con razón, que el dinamismo no es algo que se añade a una realidad inmóvil. Sin embargo, quizá debido al acento polémico de sus reflexiones, llegó a una conclusión difícilmente aceptable al afirmar que "hay cambios, pero no hay, bajo el cambio, cosas que cambian: el cambio no necesita un soporte. Hay movimientos, pero no hay objeto inerte, invariable, que se mueva: el movimiento no implica un móvil" [11]. Ciertamente, no hay bajo el cambio un objeto *inerte* e *invariable*, pero hay un sujeto *activo* y *variable*.

De acuerdo con Bergson, Alfred North Whitehead (1861-1947) representó la naturaleza como un proceso, un continuo devenir. Whitehead define la substancia como *proceso de actividad*; la existencia de un ente real está constituida por su actividad de devenir. La *duración* debe ser inherente a la naturaleza de la substancia. De ahí que afirme: "un ente real es un proceso y no es descriptible en términos de la morfología de un material (*Stuff*)" [12]. El ente real es el ente activo, y la naturaleza última de las cosas es la actividad. La substancia es actividad. Ve la justificación de este punto de vista, ante todo, en la ciencia física.

Al igual que Bergson, Whitehead adopta una *cosmovisión evolutiva* en la cual la naturaleza es *creativa*. La categoría de *lo último* es la *creatividad* o *acción creadora*; pura actividad, que carece de carácter propio (como la materia aristotélica), pero no se da sin algún carácter. Para Whitehead, la substancia es un actuar que posee una particular forma o carácter; no puede darse un actuar sin carácter o forma, ni viceversa. En Whitehead se da una proporción entre creatividad o actividad y carácter o forma semejante a la que se da en Aristóteles entre materia y forma.

Según Whitehead, la actividad viene a ser la condición última de la naturaleza. El actuar no es separable del agente; no puede haber agente sin acciones: la esencia del agente implica su actuar. Lo que sea el agente será determinado por el

11. H. BERGSON, *El pensamiento y lo moviente*, editorial La Pleyade, Buenos Aires 1972, pp. 120-121.

12. A. N. WHITEHEAD, *Process and Reality. An Essay in Cosmology*, Harper & Row, New York 1960, p. 55.

carácter de sus acciones. Bajo esta perspectiva, *el agente es el resultado de sus acciones*. El ser de un ente real es constituido por su actuar. Ser y devenir no son separables. El ser incluye el devenir, es constituido por el devenir. El modo como un ente deviene constituye lo que es; éste es el *principio del proceso*. La metafísica de Whitehead es una elaboración de lo implicado en el principio del proceso.

Por tanto, se llega a una *filosofía del proceso*. La agencia del ente real debe ser auto-creadora. La naturaleza ontológica última de un ente real o substancia es la actividad de *auto-creación*. Toda actividad es auto-constitución de un agente. La auto-creación no es algo aislado o auto-suficiente; la substancia debe estar relacionada internamente con otros entes, de los que deriva su carácter: tiene un carácter *emergente*. Esta perspectiva es también una *filosofía del organismo*, que subraya la interconexión de todos los entes reales. Se da un proceso evolutivo creador de nuevas síntesis emergentes.

La cosmovisión de Whitehead es *evolutiva*, *organicista* y *emergentista*. Se trata de características a las que se concede una gran importancia en la actualidad, conforme a la imagen evolucionista de la naturaleza. Estos aspectos, subrayados también por Bergson, son integrados por Whitehead en una filosofía difícil, un tanto confusa y con cierta tendencia panteísta, que goza de gran prestigio en la actualidad.

En esta cosmovisión, es interesante cómo se subraya la unidad real de cada entidad y del conjunto de todas las entidades, el carácter procesual de la realidad, la centralidad de la acción, y el rechazo de la imagen mecanicista-atomista. Sin embargo, se encuentran dificultades, debidas a la minusvaloración de la consistencia propia de cada substancia, a la crítica unilateral de la noción clásica de substancia, a la noción de auto-creación y a la tendencia panteísta. En la filosofía procesualista se difuminan los aspectos estructurales y estables de la realidad.

En ocasiones, se afirma que lo natural consistiría, en último término, en la *energía*; se trataría de un substrato último de tipo dinámico, cuya concentración produciría los *cuerpos* (partículas subatómicas, átomos, moléculas, cuerpos mayores). Este *energetismo* se encuentra en la línea del dinamismo y el procesualismo. En su favor se cita la *equivalencia entre masa y energía*, que es una consecuencia de la teoría de la relatividad y se manifiesta, por ejemplo, en la producción de partículas subatómicas a partir de energía y en el proceso inverso. Se propone identificar la energía con la *materia prima* de la tradición filosófica, como si este concepto pudiese ahora concretarse en una realización física. En ese caso, todo estaría hecho de energía, y *las partículas no serían sino energía concentrada*[13]. A veces

13. Werner Heisenberg, uno de los físicos que formularon la mecánica cuántica en la década de 1920, sostuvo que “Todas las partículas elementales están formadas por la misma substancia, o sea, por energía. Son las formas que debe tomar la energía para convertirse en materia”: W. HEISENBERG, “La scoperta di Planck e i problemi filosofici della fisica atomica”, en: W. HEISENBERG - E. SCHRÖDINGER - M. BORN - P. AUGER, *Discussione sulla fisica moderna*, Einaudi, Torino 1959, p. 17.

se añade que, como las diferentes formas de energía se transforman unas en otras, la materia tiene la naturaleza de un *proceso*[14].

Estas afirmaciones se encuadran dentro de la crítica al mecanicismo atomista, y en ese contexto tienen una cierta validez. El mecanicismo atomista afirmaba que la materia está compuesta de partículas indivisibles que no estarían sujetas a ninguna transformación: sólo podrían desplazarse. En realidad, el mundo microfísico es enormemente dinámico.

Sin embargo, esto no justifica reducir la materia a energía. En efecto, la energía y las partículas de que habla la física no corresponden a conceptos intuitivos ni filosóficos: son construcciones teóricas que, si bien se refieren a la realidad, lo hacen a través de medios conceptuales y experimentales cuyo significado no puede extrapolarse directamente al ámbito filosófico[15].

El energetismo resulta sugerente, sobre todo si se le atribuye un sentido más metafórico que literal. El energetismo y el procesualismo subrayan, con razón, que el dinamismo se encuentra inscrito en el corazón mismo de la naturaleza, y que los aspectos individuales y estructurales de la naturaleza están englobados en el despliegue de un dinamismo natural que da lugar a un gran proceso cósmico. Sin embargo, en algunas ocasiones parecen reducir la naturaleza a sus aspectos dinámicos, negando la consistencia de los aspectos estructurales. En realidad, sólo la combinación de lo dinámico y lo estructural puede proporcionar una representación adecuada de la naturaleza.

6. Determinación de las substancias naturales

Hasta ahora, nos hemos referido a la existencia de entidades que pueden ser calificadas como «sistemas unitarios» o «substancias», hemos analizado sus características principales, y hemos aludido a algunos ejemplos ilustrativos. Para alcanzar una perspectiva más completa, nos preguntamos a continuación qué entidades naturales pueden ser calificadas como *substancias*, teniendo en cuenta que, de acuerdo con nuestro planteamiento, esta pregunta puede ser traducida por otra: ¿qué sistemas pueden ser calificados como *sistemas naturales unitarios*?

14. En palabras de Karl Popper, "La materia no es una *substancia*, ya que no se conserva: se puede destruir y crear. Incluso las partículas más estables, los nucleones, se pueden destruir por colisión con sus antipartículas, transformándose su energía en luz. La materia resulta ser energía muy comprimida, transformable en otras formas de energía y, por consiguiente, posee la naturaleza de un *proceso*, dado que se puede convertir en otros procesos tales como la luz y, por supuesto, movimiento y calor": K. R. Popper - J. C. Eccles, *El yo y su cerebro*, Labor, Barcelona 1980, p. 7.

15. En efecto, la ecuación de Einstein es una relación matemática entre magnitudes físicas: la masa (no la materia) y la energía. Indica que los valores de esas magnitudes se relacionan mediante la fórmula $E = m \cdot c^2$, donde E es la energía, m la masa, y c la velocidad de la luz en el vacío. No se trata, por tanto, de una afirmación sobre los conceptos de materia y energía en un sentido filosófico, sino de magnitudes que se definen de acuerdo con los procedimientos de la física matemática.

Esta pregunta tiene un indudable interés filosófico, y ello se debe a tres razones. En primer lugar, las nociones de sistema y de substancia quedarían en un plano demasiado abstracto si no se ejemplificase su aplicación a las entidades naturales. En segundo lugar, el estudio de esos ejemplos proporciona una base sólida para conseguir una representación fidedigna de la naturaleza, sobre la cual pueda proseguir la ulterior reflexión filosófica. Y en tercer lugar, como ese estudio obliga a aplicar en concreto las nociones de sistema y de substancia, esas nociones resultarán enriquecidas.

Tal como ya hemos señalado, los caracteres básicos de los sistemas naturales unitarios son la *individualidad* y la *unidad*. Y la unidad puede referirse a los aspectos estructurales (*unidad estructural*) o dinámicos (*unidad operativa*, muy relacionada con la *direccionalidad*). Por tanto, esas características nos servirán como *criterios de* substancialidad. Vamos a considerar cómo se manifiestan ante la experiencia ordinaria y ante el conocimiento científico.

6.1. *La substancialidad ante la experiencia ordinaria*

Los antiguos aplicaron el concepto de substancia, ante todo, a los vivientes, y su opinión acerca de la materia inorgánica variaba en función de sus ideas, que eran muy precarias, acerca de los elementos y los compuestos. La consolidación en el siglo XVII de la física matemática y del mecanicismo que se presentaba como su aliado filosófico, supuso el abandono de la noción de substancia: la atención se centró en las propiedades cuantitativas de la materia, que se podían estudiar a través de conceptos matemáticos, e incluso los vivientes fueron considerados como simples agregaciones de componentes físicos. Hasta la primera parte del siglo XX no se dispuso de conocimientos bien comprobados acerca de la estructura microfísica de la materia, y hubo que esperar hasta mediados de siglo para conocer con detalle las bases físico-químicas de la vida; este progreso científico ha ido acompañado, además, por el reconocimiento de la importancia fundamental que en la naturaleza desempeñan las dimensiones holísticas y direccionales de los sistemas. En definitiva, ahora nos encontramos, por vez primera, en condiciones de determinar con rigor cuál es el modo de ser de los sistemas naturales.

Teniendo en cuenta los conocimientos científicos actuales puede decirse que, entre las entidades accesibles a nuestro conocimiento ordinario, sólo los vivientes son sistemas naturales unitarios; las demás entidades son agregaciones o fragmentos. Así se explica que hayan existido muchas incertidumbres cuando se ha pretendido aplicar la noción de substancia a los seres no vivos. Sin embargo, en la naturaleza existen otros sistemas unitarios, pero no se manifiestan ante la experiencia ordinaria y sólo aparecen como resultado de la investigación científica: se trata de entidades microfísicas (átomos, moléculas, macromoléculas) que poseen una notable unidad estructural, pero suelen existir como partes de agregaciones o de sistemas mayores.

En cualquier caso, es cierto que la experiencia ordinaria no basta para determinar de modo riguroso qué sistemas pueden ser calificados como sistemas unitarios. Por este motivo, consideraremos a continuación, a la luz de los conocimientos aportados por las ciencias, qué tipos de sistemas unitarios existen en los diferentes niveles de la naturaleza.

6.2. *La substancialidad ante las ciencias*

Para mayor claridad, distinguiremos tres niveles de la naturaleza: el *biológico*, que comprende a los vivientes; el *microfísico*, que incluye las entidades no vivientes de muy pequeño tamaño que no pueden ser observadas directamente; y el *macrofísico*, que comprende las entidades no vivientes de mayor tamaño.

a) *La substancialidad en el nivel biológico*

Los vivientes son los sistemas naturales que poseen un grado mayor de *individualidad*. Aunque algunos existen en colonias, que son verdaderos sistemas en los cuales existe una repartición de funciones entre los componentes, en general poseen una individualidad bien definida con respecto a las demás entidades. También se da en los vivientes una gran *unidad*, tanto estructural como dinámica: en el aspecto estructural, los componentes de los vivientes son miembros de un organismo estructurado de acuerdo con un plan unitario, y en el aspecto dinámico, esos componentes realizan funciones cooperativas que se apoyan mutuamente y contribuyen a la actividad unitaria del viviente.

Por consiguiente, aunque en algunos casos la individualidad se encuentre disminuida o la organización sea rudimentaria, puede decirse que los vivientes son sistemas naturales unitarios y que el concepto de substancia se les aplica con propiedad. Sin duda, se trata del caso más claro de substancias naturales.

La duda principal que se ha planteado en este nivel es la posible reducción de los vivientes a *sistemas cibernéticos*. Descartes afirmó que los vivientes son máquinas; los reducía a una simple combinación de componentes físicos, que no se diferenciaría esencialmente de la que existe en una máquina mecánica. Aunque estas ideas mecanicistas resultan inadecuadas para explicar las características de los vivientes, en nuestra época se han vuelto a plantear de un modo más sofisticado: teniendo en cuenta los conocimientos actuales acerca de sistemas cibernéticos, en los cuales existen propiedades tales como la retro-alimentación y la homeostasis, y advirtiendo que no parece necesario adjudicar a los vivientes ninguna característica que vaya más allá de lo material, parecería posible afirmar que los vivientes no son nada más que sistemas cibernéticos que poseen una organización especialmente sofisticada[16].

16. Esta tesis es defendida extensamente, desde una perspectiva que pretende estar de acuerdo con la filosofía tomista, en: Patrick CHALMEL, *Biologie actuelle et philosophie thomiste*, Téqui, Paris 1984.

Sin duda, los vivientes son sistemas cibernéticos, y los avances en la comprensión de esos sistemas arrojan muchas luces sobre diversos aspectos de los vivientes. Pero esto es plenamente compatible con nuestra caracterización de lo natural, de las entidades naturales, de los sistemas unitarios y de las substancias naturales. No es compatible, en cambio, con un mecanicismo de tipo cartesiano que reduce el viviente a una simple agregación de partes que no llegan a formar una nueva unidad estructural y dinámica, ni un nuevo modo de ser[17].

b) *La substancialidad en el nivel microfísico*

Las entidades del nivel microfísico son las partículas subatómicas, los átomos, las moléculas, y las macromoléculas. Las consideraremos en este mismo orden.

Las *partículas subatómicas* que componen la materia son, según el denominado «modelo estándar» que por ahora se encuentra muy bien comprobado, seis tipos de *leptones* o partículas ligeras, y seis tipos básicos de *quarks* que, por parejas o tríos, componen las partículas más pesadas. Estas partículas, así como las compuestas de quarks (como el protón y el neutrón), responden a cuatro interacciones fundamentales (nuclear fuerte, nuclear débil, electromagnética y gravitatoria). Muchas de ellas son muy efímeras (duran una pequeña fracción de segundo). Y es muy difícil determinar la naturaleza de todas ellas, aunque se conoce bien su comportamiento en muchos casos; por ejemplo, manifiestan propiedades tanto de ondas como de partículas, sin que sea posible adjudicarles un estatuto claro (y se proponen nuevas teorías más profundas que las actuales, cuya comprobación experimental es, sin embargo, muy difícil por el momento).

En estas condiciones, puede decirse que algunas de las partículas más estables, especialmente el protón, el neutrón y el electrón, cuyas propiedades se encuentran bien determinadas (masa, carga, espín, vida media, modos de interacción), podrían ser consideradas como substancias, al menos cuando existen de modo independiente. Esas tres partículas pueden existir en estado libre, pero además son los componentes de los átomos; cuando se encuentran formando parte de átomos, pueden ser consideradas como parte de un nuevo sistema unitario: el átomo[18].

17. De hecho, en la obra mencionada en la nota anterior, Chalmel llega a la misma conclusión; afirma que los vivientes son sistemas cibernéticos y critica algunas ideas «vitalistas», pero al mismo tiempo rechaza el mecanicismo cartesiano y sostiene que los vivientes son substancias: cfr. *ibid.*, pp. 312-313 y 318-319.

18. Se encuentra una discusión más detallada de este tema en: M. ARTIGAS, *El problema de la substancialidad de las partículas elementales*, Pontificia Universidad Lateranense, Roma 1987. Y puede verse una perspectiva también realista pero diferente de la anterior en: R. HARRÉ, *Varieties of Realism*, Blackwell, Oxford 1986 (que tiene puntos de contacto con el «experimentalismo» sostenido por Ian Hacking, que se expone, por ejemplo, en: I. HACKING, *Representing and Intervening*, Cambridge University Press, Cambridge 1983).

En la naturaleza existen noventa y dos tipos básicos de *átomos*, que poseen estructuras bien definidas: un núcleo que suele ser muy estable, compuesto de protones y neutrones, y una periferia donde se encuentran electrones que ocupan niveles de energía determinados por las leyes cuánticas. Puede decirse que, cuando existen de modo independiente, son verdaderos sistemas unitarios (y por tanto, substancias), ya que poseen una estructuración unitaria característica con su correspondiente dinamismo unitario, y tanto su estructura como las propiedades que dependen de ella son bastante estables.

Las *moléculas* están compuestas de átomos, y también poseen una estructuración y un dinamismo propios, unitarios y diferentes de lo que resultaría de una mera agregación; para separar sus componentes es necesario provocar procesos que alteran los enlaces que mantienen unidos a los componentes de esos sistemas. Algo semejante ocurre con las *macromoléculas* (como los componentes bioquímicos de los vivientes: proteínas, ácidos nucleicos, etc.), cuya estructura y dinamismo tienen un carácter muy específico, porque poseen una organización muy compleja. Es fácil aplicar las nociones de sistema unitario y de substancia tanto a las moléculas como a las macromoléculas.

En resumen, los sistemas microfísicos poseen una estructura y un dinamismo unitarios. Por tanto, se les pueden aplicar los conceptos de sistema unitario y de substancia, al menos cuando poseen una existencia más o menos independiente. Esta última precisión es importante, porque en muchos casos forman parte de otros sistemas y, si bien suelen conservar muchas de sus propiedades, se trata entonces de componentes integrados en estructuras unitarias superiores que son nuevos sistemas unitarios.

c) *La substancialidad en el nivel macrofísico*

A partir del nivel microfísico, si se exceptúan los vivientes, los nuevos estados de la materia suelen producirse por agregación de sistemas microfísicos. Por tanto se comprende que, fuera de los vivientes, la materia que se presenta ante nuestra experiencia ordinaria suele consistir en estados de agregación que no son propiamente sistemas unitarios, lo cual explica las dificultades que suelen encontrarse cuando se intenta aplicar el concepto de substancia a las entidades no vivientes.

En los *niveles mesofísico* (entidades visibles y no demasiado grandes) *y macrofísico* (grandes tamaños) del mundo inorgánico existen sistemas que poseen diferentes grados de unidad, integración, dinamismo y funcionalidad, y que, por lo general, son agregaciones en las que existen diferentes substancias en combinaciones heterogéneas. Aludiremos a algunos ejemplos, que podrían multiplicarse.

En el ámbito *geofísico*, los minerales son, en muchos casos, agregaciones de diferentes substancias químicas, y a veces contienen alguna o algunas substancias en estado más o menos puro; suele ser necesario someterlos a procesos particular-

mente laboriosos cuando se pretende conseguir substancias químicas en estado puro: pero incluso en ese caso, los sólidos son agrupaciones de átomos o moléculas que se encuentran unidos por fuerzas. La Tierra en su conjunto, junto con la atmósfera, forma un sistema que, si bien es muy heterogéneo, es también muy específico, de modo que permite la existencia de la vida; dentro de ella existe una gran variedad de sistemas y subsistemas, entre ellos los ecosistemas que incluyen combinaciones peculiares de entidades vivientes e inorgánicas[19].

En el ámbito *astrofísico*, las estrellas poseen un núcleo en el que radica su estructura y actividad (reacciones nucleares de fusión que condicionan las características de cada estrella), y debido a su enorme tamaño, en las zonas más externas se encuentran muchos componentes cuya unión con el sistema es relativamente débil. La estructura del Sol y su correspondiente actividad son un factor esencial para la existencia de la vida en la Tierra: no sólo porque determina la temperatura y, con ella, muchas otras características de nuestro entorno, sino además porque las cadenas tróficas, en las que unos seres dependen de otros para su nutrición, se basan en último término en la existencia de vivientes capaces de utilizar la energía solar para producir compuestos químicos.

6.3. *Analogía y grados de la substancialidad*

El concepto de substancia no se aplica de un modo *unívoco* (siempre exactamente del mismo modo), sino según *analogía* (o sea, de acuerdo con un sentido que es en parte igual pero en parte diferente).

En efecto, si el concepto de substancia se aplica a entidades tan diferentes como los vivientes y las entidades microfísicas, ello se debe a que en todas ellas se da un cierto grado de individualidad y unidad. Pero también resulta evidente que no se utiliza de modo estrictamente unívoco en todos estos casos.

La noción de *sistema unitario* tiene un contenido bien definido pero es bastante amplia y puede referirse a sistemas muy diferentes. Aunque esos sistemas tengan algunas características comunes, difieren en aspectos que pueden ser muy importantes.

El concepto de substancia se predica según analogía, porque existen diferentes grados de individualidad y de unidad. Ya hemos advertido que en los vivientes se da una organización unitaria especialmente consistente y, por tanto, en ellos se realiza en grado máximo la substancialidad; pero incluso en ese ámbito también existen grados diferentes de individualidad y unidad. En el ámbito micro-

19. Siguiendo la *hipótesis Gaia* propuesta por James Lovelock, algunos afirman que la *biosfera* (el ambiente de agua, tierra y aire donde se da la vida en nuestro entorno) es un sistema único, como un gran organismo. Sin embargo, no parece posible considerarla como un sistema unitario individual, como una substancia.

físico, se da una fuerte unidad en muchas entidades que, sin embargo, no siempre poseen una individualidad claramente diferenciada porque suelen existir como componentes de sistemas mayores.

Estas puntualizaciones, lejos de ser triviales, permiten advertir cuál es el significado filosófico de la substancialidad en la naturaleza. El concepto de substancia, que gira en torno a la individualidad y la unidad, representa la existencia de sistemas *holísticos* que poseen un *modo de ser* unitario: sus componentes, si bien mantienen en parte sus caracteres propios, se encuentran integrados en un nuevo sistema que posee una *unidad* nueva, en la que existen propiedades *emergentes* y un *dinamismo cooperativo*. Las modalidades del holismo son enormemente variadas, pero siempre reflejan una característica común: la existencia de entidades que poseen una *esencia* o modo de ser unitario y que, por tanto, son los sujetos del dinamismo natural.

La negación de la substancialidad conduce a una representación atomizada de la naturaleza, que queda disuelta en una colección de cualidades o procesos particulares. Por el contrario, la naturaleza forma un gran sistema compuesto por sistemas particulares que, de un modo u otro, se articulan en torno a los sistemas unitarios o substancias. La aplicación de la noción de substancia muestra que en la naturaleza existen muchos sistemas unitarios, mutuamente relacionados e integrados en sistemas generales hasta llegar al sistema total de la naturaleza, y que esos sistemas unitarios o substancias son sujetos que poseen modos específicos de ser. Esta representación de la naturaleza constituye la base de una reflexión metafísica en la que ocupan un puesto central las nociones de esencia y acto de ser, y que encuentra su sentido último en la participación del ser.

6.4. *Objeciones anti-substancialistas*

Entre las críticas que se han dirigido contra la substancialidad destacan dos que tienen especial importancia también en la actualidad: la crítica empirista y la procesualista.

a) *El conocimiento de las substancias*

David Hume (1711-1776) formuló, desde su posición empirista, una crítica radical al concepto de substancia. Afirmó que la idea de substancia se reduce a una colección de cualidades particulares que se encuentran unidas por la imaginación; se trataría de un simple nombre que imponemos a esa colección para conservar su memoria[20].

20. Cfr. D. HUME, *A Treatise of Human Nature*, Clarendon Press, Oxford 1975, p. 16. Una exposición clara y una penetrante crítica de estas ideas de Hume se encuentra en: R. J. CONNELL, "An Empirical Consideration of Substance", *Laval théologique et philosophique*, 34 (1978), pp. 235-246.

Esta crítica depende de la teoría empirista del conocimiento, según la cual sólo tienen un valor objetivo las cualidades que se manifiestan ante la experiencia sensible. Pero, desarrollada de modo coherente, esa teoría debe afirmar que las cualidades existen sin un sujeto y, por tanto, de algún modo afirmará que poseen una cierta existencia propia. De hecho, esta conclusión se encuentra en los escritos de Hume[21]; pero esto equivale a substancializar las cualidades, lo cual no soluciona ningún problema sino que, por el contrario, introduce una dificultad insalvable, porque no se comprende cómo podrían existir cualidades sin un sujeto substancial.

También en una línea relacionada con el empirismo, algunas críticas a la noción de substancia la acusan de *vaciedad científica*; se trataría de un concepto inútil que, de hecho, no sería utilizado por las ciencias. Sin embargo, la biología lo da por supuesto; la química lo utiliza en sentido bastante propio, aunque no lo tematice filosóficamente; y en la física matemática se utilizan modelos ideales pero, cuando se aplican al estudio de la materia concreta, se emplean conceptos equivalentes al de substancia.

En las formulaciones científicas no suele aparecer el concepto de substancia. Sin embargo, *en la ciencia se admite implícitamente la existencia de substancias y accidentes*. En ocasiones, como sucede en la química, la caracterización y clasificación de las substancias corresponde con gran exactitud a la noción filosófica; en cambio, en la microfísica no pueden establecerse correspondencias inequívocas. En cualquier caso, es lógico que el concepto de substancia no se estudie filosóficamente en las formulaciones científicas, ya que las ciencias adoptan una perspectiva no filosófica; pero se encuentra supuesto por las ciencias: en efecto, el estudio de la naturaleza se fundamenta en la existencia de los sistemas unitarios o substancias, y el progreso científico proporciona un conocimiento cada vez más detallado de ellos.

La crítica empirista nos da ocasión para puntualizar que *la substancia se conoce a través de los accidentes* , que manifiestan la substancia y su modo de ser esencial. Lo que aparece directamente ante la experiencia son accidentes, pero se trata de accidentes que pertenecen a un sujeto. Ciertamente, para conocer el modo de ser propio del sujeto substancial se requiere un estudio de sus propiedades, y podría parecer que sólo conocemos propiedades, nunca substancias; pero la negación de la substancia conduce inevitablemente a la substancialización de las propiedades accidentales, que es realmente imposible.

b) *Substancias y procesos*

Otras críticas se centran en la acusación de *cosismo* o *fijismo*, como si la afirmación de las substancias equivaliera a afirmar la existencia de unos sujetos que

21. Cfr. D. HUME, *A Treatise of Human Nature*, cit., p. 222.

se encuentran fuera del continuo flujo de cambios que se da en la naturaleza. Se trata de una crítica relacionada con la filosofía procesualista, según la cual los procesos son el núcleo de la naturaleza y nada puede encontrarse sustraído a ellos.

La acusación de «fijismo» nada tiene que ver con la idea de substancia que aquí se ha expuesto, pero proporciona una nueva ocasión de precisar cuál es la *consistencia en el ser* propia de las substancias y qué relaciones existen entre las substancias y los procesos.

La *persistencia* o *duración temporal* no es una nota que sirva para caracterizar filosóficamente a la substancia. El concepto de substancia se refiere a la *consistencia* en el ser. Sin duda, la persistencia manifiesta, en muchos casos, esa consistencia: la estabilidad acompaña en muchos casos a la substancialidad. Pero esto no sucede necesariamente, y pueden existir entidades verdaderamente substanciales que tengan una duración más o menos efímera. La substancia posee una *estabilidad relativa*, en función del tipo de sistema natural de que se trata en cada caso y de las circunstancias que lo rodean. La *consistencia en el ser* no está en función de la *duración* o *persistencia*.

Por otra parte, *la substancia no es inalterable*. Las substancias naturales están sujetas a cambios accidentales, en los cuales la substancia permanece porque el ente continúa siendo esencialmente el mismo, pero cambia accidentalmente: la substancia es *sujeto de cambios*, y es algo *cambiante*, no inmutable. En los cambios accidentales, la substancia cambia, aunque no substancialmente sino accidentalmente. Además, la substancia puede desaparecer, transformándose en otra u otras, cuando se da un cambio substancial. Todo ello se comprende sin dificultad cuando se relacionan las substancias con los sistemas naturales unitarios, como aquí hemos hecho: esos sistemas son el resultado de procesos y fuente de nuevos procesos, y de ningún modo se encuentran sustraídos al flujo de los cambios.

De acuerdo con la caracterización de lo natural mediante el entrelazamiento del dinamismo y la estructuración, debemos subrayar que la substancia no es un substrato pasivo e inerte. Por el contrario, es el sujeto primero del ser, centro de articulación del dinamismo y la estructuración, y de ella arranca toda actividad.

Las substancias físicas son a la vez fuente y producto del dinamismo natural. Como reacción frente a los reduccionismos mecanicistas, se ha de subrayar el aspecto dinámico de la realidad, que está muy relacionado con los conocimientos científicos actuales. Pero el dinamismo natural se despliega en torno a las substancias, no se opone a ellas. Y la actividad dinámica de las substancias produce otras substancias que, a su vez, tienen su dinamismo propio. No tiene sentido oponer ser y devenir, estabilidad y dinamismo; se trata de aspectos complementarios que se exigen mutuamente.

Desde el punto de vista científico, las entidades naturales son sistemas en equilibrio. La estabilidad responde a equilibrios de energía y puede alterarse. En cada nivel de composición de la materia se encuentran sistemas estables, que res-

ponden a equilibrios de energía. El desequilibrio energético es fuente de procesos, y el equilibrio no significa la ausencia de fuerzas o de dinamismo, sino que las fuerzas están compensadas. De este modo, se explica cómo en las entidades naturales se combinan la estabilidad y el dinamismo. *Los equilibrios siempre se refieren a unas condiciones determinadas*; por tanto, la estabilidad de los entes físicos no es absoluta, y deja de existir si las condiciones no se mantienen dentro de los márgenes exigidos por cada situación de equilibrio.

Capítulo III

El dinamismo natural

La naturaleza está surcada en todos sus niveles por el cambio; ninguno de sus aspectos está sustraído al devenir, que adopta una enorme variedad de modalidades. Sin embargo, esas transformaciones giran en torno a *pautas dinámicas* específicas, de tal modo que nuestro mundo posee una organización muy singular: existen muchos *procesos unitarios*, que constan de fases coordinadas cuya unidad sólo se explica porque existen unas *potencialidades* específicas y una *información* que guía el despliegue del dinamismo natural.

En la naturaleza existen *potencialidades* específicas cuya actualización conduce a una jerarquía de niveles que poseen una complejidad organizativa creciente. La construcción de la naturaleza aparece así como un gran proceso global de *auto-organización*, en el que se producen auténticas novedades emergentes, y todo ello es posible gracias al almacenamiento y despliegue de información.

En el primer apartado de este capítulo se analizan los procesos naturales y la existencia de pautas dinámicas. En el segundo apartado, después de examinar las modalidades del devenir natural, se analiza la explicación de los procesos en términos de potencialidad y actualidad. En el tercer apartado se ejemplifica el conocimiento que poseemos de los procesos unitarios en la actualidad, y se examinan, a la luz de las ideas anteriores, algunos aspectos del devenir natural que se relacionan con la emergencia de novedades.

7. Procesos naturales

Los sistemas naturales no se encuentran nunca completamente aislados; además, como poseen un dinamismo propio, interaccionan entre sí. De ahí resultan los cambios, tal como se dan en la naturaleza: el devenir natural es el resultado de interacciones, en las cuales se integran los dinamismos que intervienen y produ-

cen un resultado común. En definitiva, la estructura básica de cualquier cambio natural consiste en interacciones en las que se llega a estados de equilibrio.

Existe una enorme variedad de interacciones. Sin embargo, todas se desarrollan de acuerdo con pautas, a través de procesos que poseen un carácter muy específico.

7.1. *Noción de proceso natural*

La simple enumeración de los diferentes cambios que se dan en la naturaleza sería una tarea enciclopédica. Lo que aquí nos interesa es analizar las principales modalidades de esos cambios, centrando la atención de modo especial en los *procesos unitarios* que consisten en una *sucesión coordinada de fases sucesivas*, porque ahí se manifiesta con especial claridad el carácter específico de la naturaleza en la que vivimos.

Aunque en ocasiones se denomina «proceso» a cualquier cambio, aquí utilizaremos ese término para designar un cambio que consta de una serie de *pasos articulados* que llevan desde un *estado inicial* hasta otro *estado final*. Se supone, por tanto, que los pasos que constituyen un proceso se encuentran coordinados, y que su sucesión posee cierta unidad. En este sentido se puede definir el proceso como el "conjunto de las fases escalonadas de un fenómeno natural o de una operación artificial"[1]; o también como una "serie escalonada de operaciones para alcanzar un objetivo determinado", o una "transformación de un sistema"[2].

Es fácil advertir por qué centramos nuestra atención en los procesos. En efecto, si consideramos el devenir en general, lo que aparece ante nuestros ojos es una enorme variedad de cambios cuyo estudio detallado más bien corresponde a las ciencias. De hecho, aunque en muchos tratados filosóficos se estudia el devenir en general, se puede comprobar que, cuando se plantean los problemas filosóficos, aunque quizá no siempre se advierta expresamente, lo que se está considerando son procesos unitarios que poseen caracteres específicos.

En la naturaleza existe una enorme diversidad de procesos. La mayoría son muy complejos y pueden dividirse en sub-procesos; además, se desarrollan de modo continuo, de manera que determinar dónde acaba un proceso y comienza otro depende, en cierta medida, del punto de vista que adoptemos. Desde la perspectiva filosófica interesa, sobre todo, estudiar aquellas características de los procesos que permiten comprender las propiedades básicas de nuestro mundo, y especialmente por qué posee una organización enormemente específica que hace posible la vida

1. Real Academia Española, *Diccionario de la lengua española*, 21.ª ed., Espasa Calpe, Madrid 1992, p. 1185.
2. Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, *Vocabulario científico y técnico*, Espasa Calpe, Madrid 1990, p. 566.

humana. Por consiguiente, los procesos que más interesan a la filosofía son los que poseen de modo más acusado dimensiones holistas y direccionales.

Existen en la naturaleza muchos procesos que poseen un alto grado de *unidad* y de *direccionalidad*, tanto en su *punto de partida*, como en su *término* y en su *desarrollo*: su comienzo y su término consisten en situaciones bien determinadas, y el tránsito desde el estado inicial hasta el final se desarrolla de modo característico. Estos caracteres se dan, sobre todo, en los vivientes: su desarrollo desde las fases primeras hasta la madurez es un gran proceso claramente unitario y direccional, y su actividad está llena de relaciones funcionales que manifiestan también la unidad y la tendencialidad propia de los organismos. Pero el progreso científico permite conocer también muchos procesos unitarios y direccionales en el nivel físico-químico.

Es claro que no podemos atribuir a los procesos naturales el mismo tipo de direccionalidad que se da en los procesos guiados por la razón humana; los procesos racionales y los artificiales están guiados por la búsqueda consciente de un fin, cosa que no sucede en los procesos naturales: los procesos racionales consisten en el encadenamiento mental de ideas, y los artificiales responden a un proyecto y, por tanto, poseen una dirección deliberadamente impuesta por el agente. En cambio, los procesos naturales provienen de agentes irracionales y no se les puede atribuir la finalidad característica del comportamiento racional.

Sin embargo, los procesos naturales se desarrollan de un modo *direccional*, y conducen a resultados que poseen un alto grado de organización: aunque no son racionales en sentido estricto, manifiestan una cierta *racionalidad* en sus resultados y en el modo de conseguirlos. Estos son los aspectos que más interesan a la reflexión filosófica.

7.2. *Procesos naturales y pautas dinámicas*

Acabamos de señalar que los procesos naturales no se desarrollan de modo errático: los dinamismos se despliegan de acuerdo con pautas, su integración también responde a pautas, y el resultado de los procesos se articula en torno a pautas. Por tanto, para representar fielmente los procesos naturales, es preciso considerar las pautas específicas que guían su desarrollo y sus resultados: las denominaremos *pautas dinámicas*, para distinguirlas de las pautas que se refieren a las configuraciones espaciales.

Para comprender esas pautas, resulta muy ilustrativo el concepto de *información*. En efecto, nuestro conocimiento de las pautas dinámicas se representa mediante *leyes* que equivalen a *programas* de actuación. En este sentido, las leyes contienen una *información* sobre el posible curso de los procesos; esa información expresa las posibilidades del dinamismo natural cuando se dan unas condiciones concretas: corresponde, por tanto, a algo real.

El concepto de *información* suele utilizarse en tres contextos que, si bien están relacionados, son diferentes. En primer lugar, tanto en la vida ordinaria como en las ciencias de la información, se relaciona con la *comunicación* de mensajes y, por tanto, con la acción de informar a alguien acerca de contenidos que tienen un significado. En segundo lugar, la *teoría de la información* estudia aspectos tecnológicos de la transmisión y tratamiento de mensajes, utilizando conceptos matemáticos relacionados con la teoría de la probabilidad. En tercer lugar, en las ciencias experimentales se utiliza cada vez más un concepto de información que equivale aproximadamente a un *programa* que guía la actividad natural: este concepto se comenzó a utilizar en la biología cuando se descubrió la existencia de la información genética, y se ha extendido tanto a otros dominios de la biología como también de la física y la química. Aquí utilizaremos el concepto de información en este tercer sentido[3].

En las interacciones naturales pueden reconocerse los elementos típicos de la información: *señales*, *código*, *almacenamiento*, *comunicación*, *interpretación* e *integración*. Nuestro conocimiento de estos factores dista mucho de ser completo, pero se conoce suficientemente en algunos casos, y es posible afirmar su existencia en otros.

La información se encuentra *almacenada* en las estructuras espaciales, cuya configuración equivale a un programa o unas instrucciones que determinan cómo actuar frente a cada tipo de señales. La estructura de cada sistema determina unas disposiciones internas, cuya actualización depende de las interacciones que intervienen en cada caso concreto.

En las interacciones, las respectivas informaciones se *integran* o *combinan* en un resultado único; se combinan los dinamismos y estructuraciones, dando lugar a nuevas pautas informacionales.

En este contexto, sobre todo cuando se piensa en las *señales*, los *códigos*, la *comunicación* y la *interpretación* de la información, es difícil evitar el uso de conceptos antropomórficos; pero se trata de un antropomorfismo que no ofrece mayor dificultad, con tal que se tenga en cuenta su carácter *metafórico*. Por ejemplo, las entidades físico-químicas no poseen un conocimiento ni un lenguaje semejantes a los nuestros; sin embargo, en un sentido metafórico pero real, *conocen* y *se comunican*: un electrón «sabe» que se encuentra dentro de un campo electromagnético, «conoce» que el campo tiene unas determinadas características y, en con-

3. Se encuentra un interesante análisis del concepto de información en biología en: P. SCHUSTER, "Biological Information. Its Origin and Processing", en: C. WASSERMANN - R. KIRBY - B. RORDORFF (editores), *The Science and Theology of Information*, Labor et Fides, Ginebra 1992, pp. 45-57. Sobre la extensión del concepto de información a otros ámbitos científicos, puede verse: G. DEL RE, "Complexity, Organization, Information", en: G. V. COYNE - K. SCHMITZ-MOORMANN (editores), *Origins, Time & Complexity*, part I, Labor et Fides, Ginebra 1994, pp. 83-92. Sin duda, existe el peligro de utilizar el concepto de información de modo impreciso e indiscriminado, pero el remedio no consiste en abandonar ese concepto, sino en utilizarlo de modo adecuado.

secuencia, sus posibles modos de comportamiento; asimismo, cuando una partícula llega hasta un átomo con una determinada energía, el átomo la detecta, «conoce» sus características y reacciona de acuerdo con las pautas correspondientes. Esto nada tiene que ver con un «panpsiquismo» que atribuya una conciencia a esas entidades físico-químicas; simplemente, refleja aspectos de la realidad para cuya conceptualización nos vemos forzados a utilizar un lenguaje metafórico, y equivale a reconocer que *no existe una materia puramente inerte o pasiva*, ya que toda entidad material contiene una información que guía sus interacciones.

Cualquier pauta dinámica corresponde al despliegue de una información almacenada estructuralmente; por tanto, puede denominarse «pauta informacional». Sin embargo, podemos distinguir dos grandes tipos de pautas dinámicas: las *leyes dinámicas*, que representan el comportamiento de los diversos sistemas en determinadas condiciones, y las *pautas informacionales* en sentido más estricto, que corresponden al desarrollo de procesos más complejos en los que se da una secuencia de estados sucesivos y suponen un elevado grado de organización.

En cualquier rama de la ciencia existen muchas *leyes dinámicas*, lo cual pone de relieve la función básica que las pautas dinámicas desempeñan en la naturaleza. Aunque esas leyes correspondan a la realidad, no tienen una existencia «separada»: se encuentran «incorporadas» a los sistemas naturales, de cuyo comportamiento las abstraemos. Por tanto no debe sorprender que, por muy exactas que sean, posean un carácter sólo aproximativo.

En los sistemas que poseen un elevado grado de organización, sobre todo en los vivientes, existen procesos que constan de una serie compleja de pasos sucesivos, mutuamente coordinados. En ese caso, nos encontramos ante *pautas informacionales* que implican todo un programa de actuación. Las pautas informacionales consisten en *instrucciones que guían el despliegue del dinamismo natural*. El caso típico es la información genética, que equivale a una *pauta informacional* almacenada en una *pauta estructural* (la estructura espacial del ADN), y guía el despliegue de todo un conjunto de *pautas dinámicas* particulares (los procesos de transcripción y traducción del ADN), las cuales, a su vez, tienen como resultado la producción de nuevas pautas *estructurales* (las de las proteínas) que, de nuevo, despliegan otras *pautas dinámicas* (los procesos en los que intervienen las proteínas), y así sucesivamente. Por tanto, en la información genética se entrelazan el dinamismo y la estructuración a través de pautas informacionales.

En la actividad guiada por la información genética, cada paso se desarrolla de acuerdo con leyes físico-químicas particulares (*leyes dinámicas*), pero forma parte de procesos que se desarrollan de acuerdo con un *programa*. Durante el desarrollo de ese programa (que se extiende a la vida entera del organismo), se producen muchos procesos en los cuales se forman y regeneran substancias bioquímicas, células, tejidos, órganos y sistemas: se trata de un proceso global que incluye aspectos cooperativos, holísticos y direccionales.

7.3. *Sinergía, organización y tendencias*

En efecto, la existencia de pautas informacionales exige la acción conjunta de muchos componentes: sólo así es posible que una estructura espacial contenga información almacenada y que esa información se despliegue en una serie de pasos coordinados. La existencia de *sinergía* o acción cooperativa no sólo es una condición necesaria para que existan pautas informacionales; debe poseer, además, caracteres muy específicos, de tal modo que pueda darse el acoplamiento, tanto simultáneo como sucesivo, de una gran cantidad de factores.

Una acción cooperativa de ese tipo sólo puede darse si existe un elevado grado de *organización*; debe tratarse, además, de una organización estable. En la actualidad, conocemos con detalle muchos aspectos de la organización de los vivientes y de la cooperatividad de sus componentes, y ese conocimiento muestra de modo claro la enorme sutileza de la organización de los vivientes y la cooperatividad de sus componentes.

La sinergía y la organización ponen de manifiesto la existencia de *tendencias*. No es necesario abordar ahora el problema de la finalidad de modo detallado; nos limitamos a señalar que si la existencia de pautas dinámicas ya es un indicio de *direccionalidad*, mucho más lo es la existencia de pautas informacionales que guían el desarrollo de procesos unitarios cuyas fases se encuentran coordinadas.

8. El devenir: acto y potencia

Los procesos naturales se pueden explicar como una *actualización de potencialidades*. Vamos a examinar esta explicación, que fue introducida por Aristóteles para explicar los cambios naturales y sigue ocupando un lugar central en la filosofía de la naturaleza.

8.1. *Ser y devenir*

La naturaleza posee aspectos estucturales y dinámicos: combina el *ser* de lo que ya existe con el *devenir* en el que se producen cambios.

En la filosofía anterior a Aristóteles se planteó cómo compaginar el ser y el devenir. Aristóteles propuso resolver el problema mediante los conceptos de *ser en potencia* y *ser en acto*. *Ser en potencia* significa que existe una capacidad o virtualidad que, dadas las condiciones oportunas, puede conducir a *ser en acto*. Existe un paralelismo entre esta idea y el desarrollo de los vivientes a partir de semillas o embriones; en efecto, en los estadios iniciales la semilla o el embrión es muy diferente de lo que llegará a ser al cabo de cierto tiempo, pero posee unas capacidades que se irán actualizando, de modo que se producirá finalmente el nuevo ser.

El paralelismo adquiere especial significación en la actualidad, gracias al concepto de *información*. La existencia de información permite comprender que, incluso cuando el estado inicial no se asemeja al resultado final, el resultado puede producirse porque existen unas instrucciones que guiarán toda una serie de procesos que conducirán a la producción del nuevo ser.

La explicación aristotélica se aplica de un modo muy claro a los procesos unitarios, a los que ya nos hemos referido. Sin embargo, dado que también puede aplicarse a otras modalidades del devenir, vamos a considerar ahora esas modalidades antes de continuar nuestro análisis de la potencialidad y la actualidad.

8.2. *Modalidades del devenir*

Los aspectos dinámicos de la naturaleza suelen designarse mediante términos que, si bien están relacionados entre sí, tienen significados diferentes: «devenir», «cambio», «movimiento», «transformación», «mutación», «proceso». El uso de esos términos varía según los diferentes autores y contextos.

Se suele hablar de «devenir» en un sentido muy general, para expresar que todas las entidades naturales se encuentran sumergidas en el flujo de los cambios. Se habla de «cambio» para designar cualquier tipo de variación. El término «movimiento» designa a veces cualquier cambio, pero se utiliza habitualmente en un sentido más estricto para designar el cambio de lugar o posición, o sea, el movimiento local. Los términos «transformación» o «mutación» subrayan que el cambio afecta a un sujeto. Por fin, el término «proceso» se utiliza para designar el conjunto de las fases sucesivas que conducen desde un estado inicial hasta un estado final.

Obviamente, el significado más amplio corresponde a los términos «devenir» y «cambio». Y ambos se relacionan estrechamente con el «movimiento», porque siempre suponen algún movimiento o cambio de posición. El término «proceso» designa una realidad articulada: implica una serie de pasos que conducen a un resultado; por tanto, en cualquier proceso se dan una serie de cambios y movimientos.

Al estudiar las entidades naturales, ya hemos aludido a la distinción de dos tipos de cambios: el *accidental*, que se da cuando una sustancia conserva su identidad pero cambia bajo algún aspecto accidental, y el *substancial*, que supone la desaparición de una substancia y su transformación en otra diferente. Además, suelen distinguirse tres tipos de *cambio accidental*: el cambio de *lugar*, que suele denominarse también *movimiento local* o simplemente *movimiento*; el cambio en la *cantidad*, que puede ser de *aumento* o de *disminución*; y el cambio en las *cualidades*, que se denomina *alteración*.

Entre estos cambios existe un orden. El más primario es el movimiento local, porque sólo implica un desplazamiento, y puede darse aunque no haya otros

cambios más profundos; por el contrario, cualquier otro cambio en la naturaleza necesariamente implica la existencia de movimiento local: es imposible que algo natural cambie sin que ninguna de sus partes se mueva. A continuación se encuentran el cambio en la cantidad, que sólo supone el movimiento local, y el cambio de cualidad que supone los dos anteriores. Por fin, el más profundo es el cambio substancial.

En el cambio accidental, *la sustancia cambia*, pero sólo *accidentalmente*, sin que el cambio llegue a afectar a su identidad o modo de ser esencial; se trata, por ejemplo, de todos los cambios que se dan en un ser vivo mientras mantiene su identidad. En el cambio substancial, *la substancia cambia radicalmente*, ya que deja de existir una sustancia determinada y comienza a existir otra; es lo que sucede, por ejemplo, cuando muere una planta.

El cambio substancial viene preparado por una serie de cambios accidentales que, cuando llegan a ser suficientemente intensos, provocan el cambio de la identidad sustancial.

Que un cambio sea accidental no significa que sea poco importante; sólo significa que el sujeto de ese cambio no deja de existir según su modo de ser esencial. Sin duda, existen cambios accidentales que son muy superficiales, pero otros, por el contrario, pueden afectar seriamente al sujeto substancial.

Estas ideas aristotélicas pueden integrarse fácilmente en la perspectiva contemporánea. Desde luego, exigen tomar en consideración los conceptos de substancia y accidente. Como ya se ha visto, la aplicación del concepto de substancia resulta fácil en el caso de los vivientes y de los sistemas de la microfísica; lo mismo sucederá, por tanto, cuando se intente determinar la existencia de cambios substanciales.

Evidentemente, esta clasificación tiene interés cuando se aplica a los cambios en los que es posible determinar un sujeto substancial concreto. Si se desea centrar la atención en la *organización* de la naturaleza (y, por tanto, en su racionalidad), tiene especial interés considerar, como lo hemos hecho anteriormente, los *procesos* y la articulación de sus diferentes fases; pero una perspectiva no excluye la otra: en efecto, los procesos naturales constan, en última instancia, de cambios substanciales y accidentales, e incuso puede decirse que la explicación aristotélica del cambio en términos de potencialidad y actualidad (que consideraremos a continuación), corresponde principalmente a lo que hemos denominado *procesos unitarios*.

8.3. *Potencialidad y actualidad*

Sin duda, la doctrina de la potencia y el acto es uno de los principales logros de Aristóteles y un importante aspecto del pensamiento filosófico que es empleado incluso por quienes no comparten otros aspectos de la filosofía aristotélica.

Aristóteles utilizó esa doctrina, que se aplica a muchos otros problemas, para explicar el devenir. Consideraremos ahora este aspecto, examinaremos luego algunos significados del acto y de la potencia que tienen especial interés para la filosofía de la naturaleza, y a continuación mostraremos que la explicación de los procesos como actualización de potencialidades adquiere un nuevo relieve cuando se la considera a la luz del concepto de información.

a) *El devenir como actualización de potencialidades*

Como ya se ha recordado, entre los primeros filósofos algunos incluso negaron la realidad del cambio. Argumentaron que el cambio supone una novedad en el ser, añadiendo que esa novedad no puede surgir de la nada y que, por tanto, surge de algo que ya existía: de esas premisas concluyeron que no existe un cambio real, sino sólo aparente. Puesto que esa conclusión es incompatible con los datos de la experiencia, debería afirmarse que la experiencia no nos proporciona un conocimiento auténtico de la realidad; por tanto, existiría una dicotomía entre la verdadera realidad, sólo accesible al conocimiento intelectual, y el mundo de las apariencias sensibles. Esta fue la línea seguida por Parménides.

Los atomistas griegos (Leucipo y Demócrito) intentaron explicar la naturaleza mediante la combinación de los átomos y el vacío. Afirmaban que los átomos son entidades inmutables e indivisibles (éste es el significado del término griego «átomo»), que constituyen en último término la trama de la naturaleza. El único cambio real sería el movimiento local, y la naturaleza se explicaría mediante el desplazamiento y las combinaciones de los átomos: las entidades naturales serían el resultado de la combinación de los átomos, y los procesos se reducirían al desplazamiento de partes materiales.

Aristóteles intentó reconciliar las exigencias de la razón y de los sentidos, afirmando la realidad del cambio tal como se presenta en la experiencia e intentando explicar racionalmente cómo es posible. Su explicación del devenir se basa en los conceptos de *potencia* y *acto*. *Ser en acto* significa poseer una determinación, y *ser en potencia* significa que, si bien no se posee esa determinación, se da la capacidad real de llegar a poseerla. Bajo esta perspectiva, el cambio es la actualización de una potencialidad. *Ser en potencia* es algo intermedio entre el puro *no-ser* y el *ser en acto*, puesto que se tiene la capacidad de llegar a ser lo que no se es. Ser en potencia tiene, además, una cierta connotación teleológica o finalista, ya que significa que se poseen capacidades o disposiciones con respecto a tipos específicos de actos, o sea, que existe una cierta direccionalidad: cuando se dan las condiciones adecuadas, se actualizarán las potencialidades, y el cambio consiste precisamente en ese proceso de actualización.

Según la definición clásica de Aristóteles, el cambio es *el acto del ente en potencia en cuanto que está en potencia*[4]. Esto significa que el punto de partida

4. Aristóteles, *Física* , III, 1, 201 a 10.

es un ente que no posee una determinación en acto, pero tiene la potencialidad o capacidad de llegar a poseerla, y que el cambio se da cuando esa potencialidad se actualiza, y precisamente mientras se está actualizando. Por eso no dice sólo que el cambio es el acto del ente que está en potencia; se añade además que es ese acto, pero mientras el ente todavía está en potencia, o sea, está actualizando su potencialidad: una vez que ya posee la determinación final en acto, cesa el cambio.

La dificultad para conceptualizar el movimiento estriba en que se trata de algo actual, que existe en la realidad, pero que consiste precisamente en el tránsito desde una potencialidad hasta una actualidad. Es difícil apresar conceptualmente algo que fluye. Aristóteles afirmó que el cambio "es una especie de actualidad, o actualidad del tipo descrito, difícil de alcanzar, pero no incapaz de existir"[5]. Esta afirmación de Aristóteles responde a la dificultad recién mencionada que se presenta al analizar el devenir; en efecto, se trata de *apresar conceptualmente una realidad dinámica*. Cuando definimos el devenir, no debemos perder de vista que nos referimos a un *flujo* real, que no se reduce a una simple suma de estados estáticos sucesivos.

En cada entidad existen diferentes potencialidades. Una potencialidad concreta no se actualiza siempre, sino sólo si concurren todos los factores requeridos. La existencia de una potencialidad es una condición *necesaria*, pero no *suficiente*, para que se dé un determinado proceso. Pero, incluso si no se actualiza, sigue siendo una capacidad real. De algún modo equivale a una *tendencia*, ya que significa que existen unas posibilidades específicas que, si se actualizan, conducirán a un resultado determinado.

La idea de *potencialidad* es muy general. No es un sustituto de los mecanismos físicos mediante los cuales se realizan los procesos, ni representa una evasión filosófica para evitar investigaciones detalladas. Es la conceptualización de un *modo de ser* que es necesario admitir para explicar racionalmente la posibilidad del cambio. Aristóteles se planteó la explicación del devenir en un nivel ontológico, considerándolo como un modo de *ser* que se explica en función del *ser en potencia* y del *ser en acto*. El devenir, entendido como actualización de una potencialidad, es el modo de ser propio de aquello que se encuentra en camino de llegar a ser algo que no era anteriormente. Así se comprende que Aristóteles afirmara que "hay tantos tipos de movimiento o cambio cuantos son los significados de la palabra *es*"[6], y que "hay tantas especies de movimiento y de cambio como del *ente*"[7].

5. *Ibid.*, 2, 202 a 1 - 3.
6. *Ibid.*, 1, 201 a 8 - 9.
7. Aristóteles, *Metafísica*, XI, 9, 1065 b 13 - 14.

b) *Las nociones de potencia y acto*

Aunque el estudio pormenorizado de la potencia y del acto suele reservarse a la metafísica, es muy conveniente introducir tres precisiones que ayudarán a comprender el alcance de esa doctrina y su aplicación a la filosofía natural.

En primer lugar, si se desea hablar con precisión, más que de «potencia» y «acto» debe hablarse de *ser en potencia* y *ser en acto*. En efecto, «potencia» y «acto» no designan cosas o aspectos de las cosas, sino modos de ser: algo *está en potencia* o *está en acto*.

En segundo lugar, «potencia» y «acto» son conceptos *relativos* que hacen referencia a alguna determinación, cualidad o perfección: algo está en potencia o en acto *con respecto a alguna determinación*. Por consiguiente, cuando se habla de potencia o de acto deberá decirse con respecto a qué, o sea, cuál es el punto de referencia respecto al cual algo está en potencia o en acto.

En tercer lugar, «potencia» y «acto» también son *relativos entre sí*: algo está en potencia con respecto a un acto, o sea, tiene la capacidad de llegar a ser lo que ese acto significa. *La potencia siempre se refiere a un acto*. Sin embargo, la relación inversa no siempre es cierta; en efecto, aunque en los cambios naturales siempre se da un paso de la potencia al acto, puede existir un acto que no sea el resultado de un proceso de actualización de potencialidades: este caso no existe en la naturaleza, pero la reflexión metafísica muestra que la naturaleza remite en último término a un Ser que es Acto puro, sin mezcla de potencia, que tiene el ser por sí mismo. Este camino para llegar a Dios encuentra su base en la filosofía natural de Aristóteles y fue utilizado por Tomás de Aquino en su primera vía para probar la existencia de Dios.

c) *Tipos de potencia y acto*

Por otra parte, se suelen distinguir *dos tipos de potencia y acto*, según se apliquen esas nociones al *ser* o al *obrar*.

Cuando se piensa en el *ser*, suele hablarse de *potencia pasiva* y de *acto primero*. La potencia pasiva se refiere a la posibilidad o capacidad de llegar a ser de un modo determinado, y estar en acto primero significa que se posee ese modo de ser.

Cuando se piensa en el *obrar*, se habla de *potencia activa* y de *acto segundo*. La potencia activa es una capacidad de obrar de un modo determinado, y el acto segundo se refiere a la operación mediante la cual se ejercita de hecho esa capacidad.

A la potencia pasiva le corresponde el acto primero, y a la potencia activa le corresponde el acto segundo.

Obviamente, la potencia activa siempre pertenece a un sujeto que ya posee un modo de ser determinado: por tanto, que tiene ese modo de ser en acto prime-

ro. Y además, tal como lo expresa el conocido aforismo, *el obrar sigue al ser*: el acto segundo (el obrar, la operación, la actividad) es proporcional a la potencia activa (la capacidad de actuar de ese modo), y ésta es proporcional al modo de ser (lo que algo es en acto primero, su modo de ser).

9. Los procesos unitarios en la naturaleza

La ciencia experimental adopta una perspectiva analítica que consiste en descomponer los fenómenos; por este motivo, cuando estudia los procesos, fácilmente se pierde de vista su carácter unitario. Si a esto se añade que el progreso científico se realiza de modo fragmentario, estudiando fenómenos particulares y consiguiendo poco a poco teorías más generales que relacionan diferentes ámbitos de la naturaleza, se comprende que aumenta el peligro de olvidar más aún la unidad de los procesos y, por tanto, sus dimensiones holísticas y direccionales.

De hecho, se ha tardado mucho tiempo en conseguir conocimientos fiables acerca de los procesos unitarios que, por lo general, incluyen leyes y teorías pertenecientes a diferentes ámbitos. Sólo en la época reciente se ha conseguido, gracias a la suma de muchos conocimientos particulares en las diversas disciplinas, un conocimiento detallado de los procesos unitarios de la naturaleza.

Consideraremos ahora algunos ejemplos de procesos unitarios, con objeto de ilustrar el lugar central que ocupan en la naturaleza y de mostrar los nuevos panoramas que se abren a la reflexión filosófica en la actualidad. Estos ejemplos nos permitirán mostrar que en la cosmovisión actual los diferentes niveles de la naturaleza se encuentran relacionados, y que la emergencia de nuevos niveles es consecuencia de un gran proceso de auto-organización de la naturaleza en el cual desempeña un papel central la información.

9.1. *Los procesos unitarios ante la experiencia ordinaria*

Ante la experiencia ordinaria se manifiestan dos grandes tipos de procesos unitarios: por una parte, los que se refieren a los vivientes, y por otra, los cambios periódicos en la biosfera y en los astros.

Comencemos por los vivientes. Los mecanismos precisos de los procesos vitales sólo han comenzado a conocerse en las últimas décadas. Pero siempre ha sido patente la existencia de muchos procesos de ese tipo: la generación, el desarrollo, las diferentes funciones de los organismos, la regeneración de partes lesionadas, la reproducción. Se trata, sin duda, de procesos unitarios.

También es fácil determinar la existencia de muchos procesos en nuestro entorno que, si bien poseen una unidad menor que los procesos vitales, tienen también una cierta unidad: basta considerar, por ejemplo, la circulación del aire y del

agua, incluyendo los procesos de evaporación y condensación, las lluvias y las tormentas; las estaciones; las mareas. Y con respecto a los astros, los movimientos de la bóveda celeste y de los planetas siempre han sido motivo de admiración y han impulsado muchos estudios detallados que, finalmente, desembocaron en la consolidación de la ciencia experimental moderna.

Todos estos procesos aparecían en la antigüedad como la manifestación de fuerzas un tanto misteriosas, ya que se desconocían sus mecanismos concretos. El posterior progreso científico provocó un «desencantamiento» de la naturaleza, que se explicaba, cada vez más, mediante fuerzas naturales, y ese desencantamiento consistió, en gran parte, en reducir los procesos naturales a la suma de mini-procesos que podían explicarse mediante las leyes que la ciencia descubría: así se perdía de vista el carácter unitario de los procesos, y la naturaleza, contemplada bajo una perspectiva analítica, parecía reducirse a una gigantesca máquina cuyo funcionamiento podía comprenderse, como el de un reloj, a través del comportamiento y el ensamblaje de sus piezas.

Sin embargo, el progreso científico más reciente ha puesto de relieve que los procesos naturales poseen una unidad todavía mayor de lo que puede observarse en la experiencia ordinaria, y este hecho se encuentra en la base del resurgimiento actual de la filosofía de la naturaleza. La situación puede sintetizarse de este modo: si pudiéramos visualizar lo que las ciencias nos revelan acerca de los procesos naturales, quedaríamos mucho más asombrados que los antiguos ante el insólito espectáculo que se ofrecería ante nuestros ojos. En efecto, detrás de cada planta, de cada animal, de cada estrella, del suelo donde crecen las plantas, de las aguas de los ríos y mares, del aire que nos circunda, descubriríamos un sinfín de mini-procesos concatenados que, en muchos casos, constituirían un espectáculo verdadaderamente asombroso. Resulta lógico, por tanto, que se vuelvan a plantear los interrogantes metafísicos y teológicos que parecían haber sido eliminados por el progreso científico. A continuación ilustraremos esta nueva situación que nos descubren las ciencias en la actualidad.

9.2. *Los procesos unitarios ante las ciencias*

Señalaremos a continuación varios tipos de procesos unitarios que ponen de relieve la conexión entre los diferentes niveles de la naturaleza.

a) *Procesos holísticos*

En realidad, cualquier proceso unitario tiene caracteres holísticos. Ahora nos referiremos a los procesos especialmente relacionados con *la organización de los sistemas unitarios*, porque hacen posible su existencia y el desarrollo de su actividad. Los ejemplos pueden ser tan numerosos como se desee; nos limitaremos a mencionar algunos.

Tienen gran importancia los procesos relacionados con la *homeostasis*, o sea, con el mantenimiento de las condiciones internas de los vivientes a través de los intercambios con el medio externo. La homeostasis se relaciona con la *autorregulación* del sistema con respecto a las condiciones externas, y se consigue gracias a procesos de *retro-alimentación* en los que se controla el estado del sistema mediante mecanismos reguladores. Se habla de *homeostasis fisiológica* para designar la tendencia de un organismo a mantener las condiciones fisiológicas frente a condiciones ambientales fluctuantes, y de *homeostasis del desarrollo* para referirse a la tendencia de las pautas de desarrollo de un organismo a producir un fenotipo normal a pesar de que puedan existir fluctuaciones en las circunstancias. Es interesante señalar la relación entre la homeostasis y la *direccionalidad*; en efecto, la homeostasis significa la existencia de *tendencias* hacia determinados estados. Los mecanismos que hacen posible la homeostasis explican el carácter holístico y direccional de los procesos implicados.

En los procesos holísticos existe una coordinación de las sucesivas fases. Se dan no sólo en los organismos, sino también en muchos de sus componentes que, con frecuencia, se comportan como sistemas unitarios; éste es el caso de *las células* que componen un organismo: se encuentran coordinadas, pero cada una posee una cierta autonomía y en ella se producen continuamente procesos unitarios que hacen posible su funcionamiento y sus relaciones con otras células. Por ejemplo, en un organismo humano hay más de 10 billones de células, distribuidas en más de 250 tipos (nerviosas, sanguíneas, musculares, etc.). Cada célula consta de núcleo y citoplasma. El núcleo contiene la información genética en los cromosomas. El citoplasma contiene orgánulos que realizan múltiples funciones, cada una de las cuales supone diferentes procesos unitarios: una actividad permanente es la *biosíntesis*, proceso a través del cual se construyen materiales biológicos a partir de los componentes que llegan a la célula; las *mitocondrias* vienen a ser centrales energéticas donde se produce energía aprovechable; en los *ribosomas* se sintetizan las proteínas de acuerdo con las instrucciones provenientes del núcleo; a través de la *membrana plasmática* se realizan los procesos de comunicación con el exterior, mediante procedimientos de entrada y salida enormemente específicos.

Cada una de las actividades que se acaban de mencionar consta de procesos que poseen una unidad propia y se encuentran coordinados con muchos otros, y en ellos desempeña una función muy importante la *información*. Por ejemplo, la *comunicación entre células* se realiza de modos muy específicos, a través de información que se almacena, se transmite, se procesa y se integra; es uno de los casos en los que se utiliza la metáfora de «la llave y la cerradura» para expresar el carácter específico y coordinado de las interacciones[8].

8. "Los biólogos aceptan que las células se reconocen entre sí gracias a la existencia de parejas de *estructuras* complementarias situadas en su superficie: una *estructura* acomodada en la superficie de una célula porta *información* que la *estructura* de otra puede *descifrar*, idea que generaliza la hipótesis de *la llave y la cerradura*, formulada en 1897 por Emil Fisher, para describir la especificidad de las interaccio-

Existen muchos procesos unitarios en cada una de las células de un organismo, y además se encuentran coordinados. Lo mismo sucede en los tejidos, órganos y sistemas, que poseen grados superiores de organización y, por tanto, son sede de procesos aún más complejos y coordinados. Por ejemplo, *el sistema nervioso* es el sistema integrador por excelencia y su complejidad es paralela a la de la respectiva especie animal; el del hombre es el más complejo: sólo en la corteza cerebral existen unos 30.000 millones de neuronas, cada una de las cuales tiene por término medio unas 3.000 sinapsis o uniones entre células. El cerebro humano posee una organización asombrosa, que coordina todo el organismo (sentidos, lenguaje, motoricidad...) por medio del procesamiento de información. Se estima que en la corteza cerebral humana hay entre 10^{14} y 10^{15} conexiones sinápticas. El funcionamiento del cerebro sólo es posible porque existe una coordinación muy sofisticada entre una enorme variedad de procesos de diferentes niveles de organización.

En definitiva, los conocimientos actuales acerca de los organismos muestran la existencia de una gran variedad de procesos unitarios, coordinados entre sí, tanto en el nivel de las células como de los tejidos, órganos, sistemas, y del entero organismo. Estos procesos se desarrollan a través de mecanismos físico-químicos; por tanto, la existencia y coordinación de los procesos unitarios se extiende también al nivel físico-químico. Aunque las perspectivas que abren las ciencias en esta dirección son ya muy notables, es evidente que sólo estamos comenzando a explorarlas.

b) *Procesos funcionales*

La *funcionalidad* se refiere a *la actividad de las partes en función del todo*. Entre las funciones de los vivientes se encuentran la respiración, la nutrición, el transporte, la excreción, la coordinación nerviosa, la coordinación hormonal, la defensa inmunológica. Aunque algunas son conocidas desde la antigüedad, otras han sido descubiertas en la época moderna y, en todo caso, el conocimiento detallado de sus mecanismos se remonta a una época reciente.

Los *sistemas* y *aparatos* de los vivientes se caracterizan por su función. Están integrados por *órganos*, y éstos por *tejidos*. Las diferentes funciones ponen de manifiesto la existencia de múltiples procesos unitarios, coordinados en procesos unitarios de niveles superiores, así como la importancia de la información en el desarrollo de las funciones.

nes entre enzimas y sustratos. Paul Ehrlich la amplió en 1900 para explicar la elevada especificidad de las reacciones del sistema inmunitario. Y en 1914 Frank Rattray Lillie, de la Universidad de Chicago, hizo uso de la misma hipótesis para señalar el reconocimiento mutuo de óvulo y espermatozoide. Hacia los años veinte, la hipótesis de la llave y la cerradura se había convertido en uno de los postulados centrales de la biología molecular": N. SHARON - H. LIS, "Carbohidratos en el reconocimiento celular", *Investigación y ciencia*, n.º 198, marzo 1993, p. 20 (cursivas añadidas).

Como es lógico, los procesos unitarios tienen especial importancia en los sistemas que coordinan diferentes aspectos del organismo, y es fácil advertir su relación con la información. Los ejemplos se pueden multiplicar fácilmente. Si consideramos el sistema nervioso, por ejemplo, las explicaciones científicas recurren con frecuencia a ideas relacionadas con la información, cuando se dice que "*el sistema nervioso* es una *red de comunicación* que permite al organismo interaccionar de manera apropiada con el entorno. Posee componentes sensoriales que *detectan* estímulos procedentes del ambiente externo, componentes *integradores* que *procesan* los datos sensoriales y la *información* almacenada en la memoria, y componentes motores que generan movimientos y otras actividades... La unidad funcional del sistema nervioso es la «neurona»... La actividad neuronal y nerviosa se encuentra *codificada*, y la *información* se pasa de una neurona a otra mediante transmisión sináptica"[9]. Cuando se analizan con detalle las actividades que tienen lugar en el sistema nervioso, encontramos una asombrosa coordinación de procesos unitarios que suponen el almacenamiento, codificación y descodificación, transmisión e integración de información. Algo semejante sucede cuando se analizan las funciones del *sistema endocrino*, que también están estrechamente relacionadas con la coordinación[10].

Estos ejemplos bastan, sin entrar en más detalles, para advertir que existe una gran cooperatividad y coordinación de muchos procesos unitarios. En muchos casos, se conocen los agentes que desencadenan los procesos y realizan, por tanto, una función de *señalización*; esos agentes *transportan* información y la *comunican* a las entidades receptoras, que actúan de acuerdo con la información recibida. Por ejemplo, además de otros agentes bien conocidos desde hace tiempo, en la actualidad tienen gran importancia los nuevos conocimientos que se refieren a los *neurotransmisores* y a los *genes reguladores*. Toda la física y la química se encuentran involucradas en los mecanismos que, mediante el procesamiento de información, están en la base de las funciones de los vivientes. Y puede observarse, de nuevo, la existencia de dimensiones holísticas y direccionales en los procesos unitarios funcionales.

c) *Procesos morfogenéticos*

La *morfogénesis* se refiere a la formación de los sistemas unitarios y de sus partes. Uno de los casos principales de morfogénesis es la *reproducción* o replicación de los vivientes, y otro es el *desarrollo* de los vivientes desde sus primeras fases.

En este ámbito, nuestro conocimiento ha avanzado de modo espectacular desde que James Watson y Francis Crick descubrieron, en 1953, la estructura en

9. Robert M. BERNE - Matthew N. LEVY, *Fisiología*, 2.ª reimpr., Editorial Médica Panamericana, Buenos Aires 1987, p. 56 (cursivas añadidas).

10. *Ibid.*, pp. 478-479.

doble hélice del ADN (ácido desoxirribonucleico), que es la macromolécula responsable del programa genético. El ADN de los cromosomas contiene un *programa genético*, codificado en la estructura del ADN, enormemente amplio, cuya información se despliega en función de las circunstancias. Los procesos que dependen del ADN no sólo repercuten en las funciones del organismo, sino en su misma constitución, ya que regulan la fabricación de sus componentes.

El funcionamiento del programa genético se basa en el tratamiento de información [11]. El programa equivale a un texto escrito con sólo cuatro letras (las cuatro bases nitrogenadas que se alinean a lo largo de las cadenas del ADN), cuya sucesión determina el tipo de productos que resulta de la ejecución del programa. Cada célula contiene, en su núcleo, el juego completo de los cromosomas propios de la especie, y en cada cromosoma se encuentra el ADN, compuesto de fragmentos denominados «genes»; las células humanas contienen más de 100.000 genes, lo que supone unos 3.000 millones de bases (las letras del alfabeto genético). Escribiendo sólo la letra correspondiente a cada una de las bases, el código genético ocuparía en el caso de un virus simple, que codifica 8 proteínas, una página; en el caso de una bacteria, con 3.000 genes, ocuparía 2.000 páginas; en el caso del hombre, con 100.000 genes, ocuparía un millón de páginas. Es fácil advertir que se trata de una auténtica biblioteca que contiene una gran cantidad de información, con las instrucciones necesarias para la ejecución de las múltiples funciones del programa.

A partir de la información contenida en el código genético, se realizan los procesos de *transcripción*, *traducción*, *regulación*, *duplicación*, y *corrección de errores*. Algunos genes son reguladores: guían la expresión de otros genes, están relacionados con los planes de los órganos y de la estructura corporal. De hecho, en cada proceso sólo se activa y se transcribe una pequeña fracción de los genes, de acuerdo con las órdenes recibidas del citoplasma o de mensajeros producidos por otras células. *El núcleo y el citoplasma interactúan de modo coordinado, formando un sistema cibernético*. Existe una *jerarquía de niveles de control y ejecución*, coordinados en cada fase de los procesos, que ahora se comienza a conocer [12].

Sólo hemos aludido a algunos aspectos generales de la morfogénesis, que se extiende también, por ejemplo, a los procesos de regeneración. Estas consideraciones bastan para mostrar la existencia de muchos procesos unitarios, coordina-

11. “Las principales funciones del núcleo guardan una relación directa con el tratamiento de la información; abarcan también la conservación y, si fuera necesario, la restauración de la biblioteca genética, la transcripción especialmente, un proceso muy selectivo y complejo por el cual se leen ciertas instrucciones del almacén donde se encuentra la información y se envían al citoplasma para su expresión. Los genes ejercen su influencia dominante sobre la célula a través de esos mecanismos”: Christian DE DUVE, *La célula viva*, Labor, Barcelona 1988, p. 19.

12. Puede verse al respecto: E. M. DE ROBERTIS - G. OLIVER - C. V. E. WRIGHT, “Genes con homeobox y el plan corporal de los vertebrados”, *Investigación y ciencia*, n.º 168, septiembre 1990, pp. 14-21; T. BEARDSLEY, “Genes inteligentes”, *Investigación y ciencia*, n.º 181, octubre 1991, pp. 76-85.

dos en una sucesión de niveles organizativos, cuyo dinamismo está guiado por información almacenada estructuralmente.

d) *Procesos cíclicos*

Los *procesos cíclicos* son un tipo especialmente interesante de procesos unitarios, porque se desarrollan en secuencias temporales periódicas; por tanto, manifiestan un tipo de unidad que se encuentra en la base de toda la actividad de la naturaleza: la unidad de los *ritmos temporales*. Las pautas que se refieren al despliegue en el tiempo, o sea, los ritmos temporales, tienen al menos la misma importancia que las pautas espaciales, y de ellas depende esencialmente el despliegue del dinamismo natural.

Se encuentran pautas temporales por doquier. Por ejemplo, *las divisiones celulares*, mediante las cuales se producen nuevas células, se desarrollan de acuerdo con pautas temporales. En las últimas décadas se han dado los primeros pasos para conocer cómo se desarrolla el control del ciclo celular en algunos organismos simples; la alternancia de fases está dirigida por reacciones químicas autogeneradas en el citoplasma: se trata de un «oscilador», un «reloj» que, con gran regularidad, provoca contracciones periódicas [13].

Se ha avanzado mucho en el conocimiento de los *ritmos biológicos*. No se trata de fenómenos aislados; por el contrario, toda la actividad de los vivientes está estrechamente relacionada con la existencia de ritmos. Se comprende fácilmente por qué es así; en efecto, la organización temporal resulta indispensable para que se realicen de modo sucesivo y coordinado las diferentes funciones.

El estudio de esas *estructuras temporales* (los *ritmos biológicos*) ha dado lugar a una rama científica denominada «cronobiología». El funcionamiento de los organismos incluye, por una parte, mecanismos rítmicos internos, y por otra, mecanismos que permiten ajustar los ritmos internos a las condiciones externas. Algunos ritmos, como el respiratorio y el cardíaco, tienen manifestaciones externas fácilmente observables; otros se han descubierto gracias al progreso de las ciencias. Los hay de frecuencia baja (con períodos desde 6 días hasta varios años), media (períodos entre 30 minutos y 6 días), y alta (desde 0,5 milisegundos

13. Véase: A. W. MURRAY - M. W. KIRSCHNER, "Control del ciclo celular", *Investigación y ciencia*, n.º 176, mayo 1991, pp. 26-33. En la p. 33 se encuentran las siguientes afirmaciones: "Tanto las levaduras como las células somáticas de organismos pluricelulares poseen mecanismos para retrasar la entrada en mitosis hasta que no se replique el ADN y se repare cualquier lesión que haya sufrido"; "Sabemos ya que, en células somáticas y en embriones avanzados, la *decisión* de replicar el ADN en la interfase se halla sujeta a una finísima regulación, como sucede también con la *decisión* de iniciar la mitosis... (para esta segunda decisión) la célula *valora* si ha crecido bastante y puede proceder *sin miedo* a la replicación del ADN y, por tanto, a la mitosis... El paso por el punto de arranque está tan controlado como el paso por la mitosis... se halla también sometido al control de nutrientes, hormonas y factores de crecimiento" (cursivas añadidas).

hasta 30 minutos). Los ritmos de frecuencia alta, como la respiración y el ritmo cardíaco, son muy sensibles a la temperatura, y su generación depende de las propiedades de neuronas y redes neuronales de carácter oscilador y resonador [14].

En definitiva, aunque son todavía pocos los conocimientos bien establecidos acerca de los mecanismos de los ritmos biológicos, su importancia se encuentra fuera de dudas. Una vez más, en este caso encontramos procesos unitarios en los que se da una gran coordinación, y que se basan en mecanismos físico-químicos que tienen también el carácter de procesos unitarios coordinados. Estos mecanismos se refieren a *osciladores*, o sea, sistemas que poseen un comportamiento periódico, en el que se repiten una vez y otra los mismos movimientos. Ni siquiera basta la existencia de osciladores aislados para explicar los fenómenos naturales; muchos fenómenos de gran importancia sólo pueden comprenderse gracias a la existencia de *osciladores acoplados*, en los que existe una concatenación que hace solidarios a todos los osciladores [15]. También en este caso desempeña una función crucial la *sinergía* o *acción cooperativa*, que constituye un puente entre los fenómenos físico-químicos y los biológicos, y que manifiesta el carácter holístico y direccional de los procesos unitarios.

Existen muchos otros procesos particulares que tienen un carácter oscilatorio o periódico, aunque no se encuentren organizados de un modo tan cooperativo como los anteriormente mencionados. En realidad, sería imposible comprender el funcionamiento de la naturaleza si no existieran esos fenómenos periódicos. También tienen gran importancia los *ciclos biogeoquímicos*, tales como la circulación de elementos fundamentales para la vida a través de los diferentes componentes de la naturaleza, que desempeñan una función central para comprender, bajo la perspectiva ecológica, la cooperatividad de los múltiples factores que integran el sistema de la naturaleza.

9.3. *La génesis de la naturaleza*

La naturaleza se compone de niveles jerarquizados de organización creciente, en cada uno de los cuales existen pautas características.

En la cosmovisión actual, la construcción de la naturaleza puede ser contemplada como el resultado de un vasto proceso de auto-organización, en el que se

14. Cfr. J. M. DELGADO, "Ritmos biológicos", en: J. A. F. TRESGUERRES (editor), *Fisiología humana*, Interamericana-McGraw Hill, Madrid 1992, pp. 1170 y 1174.

15. "Podemos hallar osciladores acoplados de uno a otro extremo del mundo natural, pero resultan especialmente conspicuos en los seres vivos: las células marcapasos del corazón, las células secretoras de insulina del páncreas, las redes neuronales del cerebro y de la médula espinal que controlan conductas rítmicas como la respiración, la carrera o la masticación": S. H. STROGATZ - I. STEWART, "Osciladores acoplados y sincronización biológica", *Investigación y ciencia*, n.º 209, febrero 1994, p. 54.

producen sucesivos niveles de organización, y en el que desempeña un papel central la información.

a) *La emergencia de novedades*

¿Cómo surgen los nuevos tipos de organización?

Una manera de entender este problema consiste en pensar que la novedad no es sino el despliegue de algo que de algún modo ya preexistía; como una alfombra enrollada se desenrolla o despliega, sin que propiamente comience a existir nada que no existiera previamente. Sin duda, algunos cambios son de este tipo, pero en otros se produce algo realmente nuevo. La potencialidad no equivale a la preexistencia del acto que se producirá. La explicación aristotélica de las novedades exige considerar, como el mismo Aristóteles lo indicó, todas las causas y condiciones que intervienen en los procesos.

Para explicar la novedad hay que tener en cuenta todas las interacciones que existen entre las entidades que concurren en un proceso. Por ejemplo, en los procesos en los que se forma un compuesto químico se producen interacciones que no existían cuando los componentes estaban aislados, lo cual explica que puedan surgir propiedades nuevas. Una molécula de agua tiene propiedades que no se reducen a la suma de las propiedades del oxígeno y el hidrógeno; sin embargo, las nuevas propiedades surgen de modo natural cuando el oxígeno y el hidrógeno interactúan en determinadas condiciones.

Además, *la información contenida en los componentes de los procesos puede integrarse en nuevas pautas unitarias*. Se comprende, por tanto, que puedan producirse auténticas novedades que resultan verdaderamente *imprevisibles* si sólo se considerasen los factores que intervienen, olvidando su capacidad de integrarse formando un nuevo resultado unitario.

En este sentido, algunos autores han insistido, con razón, en el carácter *creativo* de los procesos naturales. Sin embargo, debe evitarse interpretar de modo demasiado antropomórfico el término «creativo». Ese término significa que los procesos naturales pueden desembocar en resultados nuevos, diferentes de cuanto anteriormente existía. Pero nada autoriza a afirmar que, mediante esos procesos, pueda surgir cualquier resultado, como si la naturaleza actuase con libertad. Tampoco puede decirse que el desarrollo natural de los procesos se realice de modo completamente auto-suficiente: si se desea explicar completamente la «creatividad» de la naturaleza, deberá abordarse el problema de su fundamentación radical y, por tanto, su relación con la acción divina.

Por consiguiente, la explicación de los procesos como actualización de potencialidades, entendida a la luz del despliegue del dinamismo natural dirigido por información que se integra en nuevas pautas, permite afirmar que en los procesos naturales se pueden producir auténticas novedades. De este modo se arroja nueva luz sobre el importante problema de la «emergencia». Pero subsisten los in-

terrogantes metafísicos acerca de la explicación radical de esos procesos y de sus resultados.

b) *La auto-organización de la naturaleza*

A propósito de la integración de las pautas en sucesivos estratos, suele hablarse de una *auto-organización* espontánea de la naturaleza. El tema de la auto-organización suscita gran interés, tanto en el ámbito científico como en el filosófico. Se trata, en realidad, de un amplio espectro de temas[16]. Sólo en el ámbito de la física, comprende un conjunto de problemas que se refieren a una nueva frontera de la física: el problema de la *complejidad*[17].

La fascinación que ejerce el tema se explica porque, por una parte, pone de relieve el dinamismo interno y direccional de la naturaleza, y por otra, alimenta las esperanzas de extender las explicaciones físicas hasta el ámbito de lo humano.

La experiencia de auto-organización en la naturaleza no es algo nuevo. Más bien corresponde a experiencias muy primitivas. En efecto, el ámbito biológico es pródigo en ese tipo de fenómenos, e incluso puede afirmarse que el mundo de los vivientes es el mundo de la auto-organización. Las semillas que se convierten en árboles, la concepción y el desarrollo de los animales, las diferentes funciones biológicas y, en definitiva, el entero mundo de los vivientes, son manifestaciones de la capacidad que posee la naturaleza de auto-organizarse. Si el tema de la auto-organización cobra hoy día un interés especial, ello no se debe a que se haya descubierto su existencia. Se debe a que, por primera vez en la historia, se está alcanzando una cierta comprensión de los mecanismos básicos implicados en los fenómenos de la auto-organización, de tal manera que es posible afirmar su existencia en el nivel físico-químico y relacionar este nivel con el biológico[18].

Los fenómenos de auto-organización ponen de relieve el dinamismo interno de las entidades naturales, su entrelazamiento con la estructuración, y la cooperatividad entre los diferentes elementos y niveles. Muestran que existe una información que se almacena en las estructuras naturales, y que se despliega y combina en los procesos.

Los conocimientos acerca de la auto-organización no eliminan los problemas metafísicos; más bien invitan a replantearlos. Por ejemplo, ¿cómo *saben* las entidades físicas cuál es su identidad y de qué modo pueden comportarse? (es ob-

16. Esa amplitud temática fue puesta de relieve en el Coloquio de Cerisy celebrado del 10 al 17 de junio de 1981 en torno a la auto-organización. Los textos del Coloquio han sido publicados con el título: *L'auto-organisation: de la physique au politique*, Editions du Seuil, Paris 1983.

17. Los principales temas relacionados con la auto-organización en el ámbito de la física están tratados en: P. DAVIES (editor), *The New Physics*, Cambridge University Press, Cambridge 1989, capítulos 7 al 12.

18. Puede verse una síntesis de fenómenos relacionados con la auto-organización en: Mariano ARTIGAS, *La inteligibilidad de la naturaleza*, 2.ª ed., EUNSA, Pamplona 1995, capítulo II.

vio el sentido metafórico del verbo *saber* en este contexto), ¿cómo se forman pautas muy sofisticadas mediante la interacción de fuerzas puramente naturales? En este sentido, Paul Davies se refiere a la "singular propensión de la materia y la energía a auto-organizarse en estructuras y pautas coherentes" y afirma: "Es uno de los milagros universales de la naturaleza que enormes reuniones de partículas, que sólo están sometidas a las fuerzas ciegas de la naturaleza, sin embargo son capaces de organizarse a sí mismas en pautas de actividad cooperativa"[19].

El progreso de las ciencias no proporciona una respuesta completa a esos interrogantes. En último término, el estudio de la actividad natural sugiere la existencia de una especie de *inteligencia inconsciente*. Una vez más se ha de advertir que se trata de una metáfora, puesto que la expresión, si se interpreta literalmente, es contradictoria. La metáfora se refiere a la existencia de una información que dirige y controla. Se trata de un hecho patente, que rebasa los límites de las ciencias.

c) *El proceso como despliegue de información*

Es fácil relacionar los procesos unitarios con las pautas informacionales, ya que ambos se exigen mutuamente.

Por una parte, no se comprende cómo podría existir un proceso unitario, que supone una sucesión coordinada de pasos, si no existiera algún tipo de programa que guiara el desarrollo del proceso, y esto es precisamente una pauta informacional.

Por otra parte, una pauta informacional consiste en unas instrucciones almacenadas estructuralmente, de cuyo despliegue resultan una serie de pautas dinámicas coordinadas; por tanto, un proceso unitario.

El procedimiento típico de las ciencias experimentales consiste en adoptar una perspectiva *analítica*, en la que se descomponen los procesos de tal modo que puedan aislarse sus componentes; de este modo se pueden estudiar de modo sistemático, investigando cómo varían los diversos factores en condiciones experimentales controladas (por tanto, aislando los aspectos que interesan, de modo que puedan dejarse fuera de la consideración todos los demás). Este procedimiento es extraordinariamente eficaz y permite conseguir muchos conocimientos particulares que, de otro modo, resultarían inaccesibles. Pero, desde el punto de vista filosófico, existe el peligro del *reduccionismo*, que tiende a reconstruir la naturaleza como una simple suma de las trasnsformaciones particulares que se pueden estudiar mediante la perspectiva analítica. De este modo, se pierde de vista lo más característico de la naturaleza: la existencia de una organización que, en el aspecto dinámico, se muestra a través de procesos unitarios que consisten en una serie ar-

19. Cfr. P. DAVIES, «The New Physics: A Synthesis», en: P. DAVIES (editor), *The New Physics*, cit., pp. 4-5.

ticulada de pasos que conducen desde un estado inicial preciso hasta otro estado final igualmente concreto, de un modo direccional.

El progreso reciente de las ciencias ha puesto de relieve que, si bien la perspectiva analítica conserva toda su importancia para conocer pautas dinámicas particulares (leyes), podemos también estudiar científicamente muchos procesos unitarios que responden a pautas informacionales. Este nuevo panorama sólo se ha abierto claramente en las últimas décadas, gracias a los avances de las teorías morfogenéticas. A la luz de este progreso, las reflexiones flosóficas de épocas anteriores acerca del devenir adquieren un nuevo relieve: se advierten las insuficiencias de las que dependían excesivamente de la perspectiva analítica y, en cambio, adquieren una importancia singular las que subrayaban los aspectos holísticos, sinérgicos y direccionales de los procesos naturales. Además, el concepto de información permite comprender mucho mejor estos aspectos, que hasta nuestra época aparecían envueltos en un cierto aire de misterio.

La actualización de potencialidades se comprende mejor cuando se la considera a la luz del concepto de *información*, entendida como un *programa* o un conjunto de *instrucciones* que están almacenadas en las estructuras naturales y que dan lugar a comportamientos específicos en cada situación concreta. La explicación aristotélica conserva su validez y, a la luz de los conocimientos científicos actuales, resulta especialmente adecuada para armonizar las perspectivas científica y filosófica.

En efecto, la existencia de ina información almacenada estructuralmente, cuyo despliegue depende de los factores externos que intervienen en cada caso, permite comprender que el efecto pueda preexistir de algún modo sin que exista en miniatura y sin que los procesos estén unívocamente determinados. La existencia de pautas informacionales permite comprender que los resultados se producen mediante el despliegue de un plan preexistente y, al mismo tiempo, que ese despliegue es compatible con la producción de verdaderas novedades, ya que implica la confluencia de múltiples factores que difícilmente serán siempre idénticos.

Capítulo IV
El orden de la naturaleza

La naturaleza forma un gran sistema. Consta de diferentes niveles de organización que se encuentran relacionados a través de múltiples conexiones. Por tanto, el orden es una característica básica de la naturaleza, y una de las más importantes: las ciencias suponen que existe ese orden e intentan conocerlo con detalle, y la filosofía de la naturaleza se centra, en buena parte, en la reflexión acerca del orden natural.

Sin embargo, la naturaleza no está ordenada bajo cualquier punto de vista; no es difícil, en efecto, encontrar desorden junto con el orden. Por tanto, la reflexión filosófica sobre el orden natural debe ir precedida por un examen previo que permita determinar sus características reales.

10. El orden natural

Nuestra reflexión sobre el orden natural comienza con algunas aclaraciones sobre el concepto de orden y sobre las modalidades principales del orden que existe en la naturaleza.

10.1. *El concepto de orden*

El concepto de orden es uno de los conceptos clásicos que no sólo ha sobrevivido hasta la época moderna, sino que ocupa un lugar central en las discusiones científicas y filosóficas actuales[1].

1. Se encuentra un análisis filosófico del concepto de orden en: Juan José Sanguineti, *La filosofia del cosmo in Tommaso d'Aquino*, Ares, Milano 1986, pp. 29-48.

El concepto de orden indica *unidad en la diversidad*; se refiere a partes diferentes que guardan una cierta disposición. Sin embargo, al hablar de *unidad* y de *disposición* ya se están utilizando conceptos relacionados con el orden. Cualquier intento de definir el orden sin utilizar conceptos que de algún modo lo incluyan está destinado al fracaso; en efecto, algo que no poseyera ningún tipo de orden sería un *caos* absoluto, pero un caos de ese tipo resulta impensable: ni siquiera podemos representarnos una realidad cuyos componentes no estuvieran relacionados mediante algún tipo de orden. Cuando hablamos de *caos*, entendemos siempre un caos relativo, una situación que posee un elevado grado de desorden, no un desorden absoluto que no puede existir.

Por tanto, el orden abarca toda la realidad, y por este motivo se ha llegado a afirmar que se trata de un concepto *cuasi-trascendental* [2]. En consecuencia, no se puede definir el concepto de orden sin partir, de algún modo, de ideas previas que ya lo suponen. Es posible, sin embargo, precisar algunos de sus rasgos más importantes.

Uno de ellos es el carácter relacional. El concepto de orden es *relacional*: se dice siempre *con respecto a algo*, es relativo a algún criterio que se toma como referencia. Se pueden adjudicar diferentes grados de orden a una misma situación de acuerdo con el punto de vista adoptado: por ejemplo, los libros de una biblioteca pueden clasificarse por materias, signaturas, tamaños, colores, o por combinación de estos y otros factores; cuando se trata de libros de uso personal, cada uno tiene sus propios criterios y sucede con frecuencia que una disposición aparentemente desordenada, que no responde a criterios manifiestos, es la más útil y, para uno mismo, la más ordenada. Por tanto, el orden es *relativo*: siempre que se habla de orden, se trata de orden *en relación con algún criterio determinado*.

En consecuencia, existen muchos tipos de orden. Teniendo en cuenta que lo que nos interesa es estudiar el orden natural, analizaremos a continuación los tipos básicos del orden que se da en la naturaleza.

10.2. *Tipos de orden en la naturaleza*

Sin duda, *en la naturaleza existe un elevado grado de orden*: nuestra vida cotidiana lo atestigua, y las ciencias descubren muchos aspectos de ese orden que son inaccesibles a la experiencia ordinaria.

El orden natural se da en tres grados sucesivos de complejidad: la estructuración, las pautas y la organización.

2. Cfr. H. KUHN, «Orden», en: H. KRINGS - H. M. BAUMGARTNER - C. WILD y otros, *Conceptos fundamentales de filosofía*, Herder, Barcelona 1978, tomo II, pp. 693-694.

a) *Orden y estructuración*

La estructuración espacio-temporal es una dimensión básica de lo natural. Las entidades naturales poseen configuraciones espaciales; los procesos se despliegan en una sucesión temporal; y tanto las configuraciones espaciales como las sucesiones temporales suponen algún tipo de orden: una distribución de componentes o fases que se encuentran relacionados entre sí. En este sentido, todo lo natural posee algún tipo de orden espacial y temporal; incluso lo que parece más desordenado, es sujeto de relaciones espaciales y temporales.

La estructuración espacio-temporal es una característica muy general que afecta a todo lo natural, y admite muchas modalidades. Dos de ellas, especialmente importantes, son las pautas y la organización.

b) *Orden y pautas*

Utilizamos los términos «pauta» o «patrón» para designar las estructuras espaciales o temporales que, de hecho, se repiten en la naturaleza. Denominamos «configuraciones» a las pautas espaciales, y «ritmos» a las pautas temporales.

Las pautas se relacionan, por tanto, con la *repetición*, que es un aspecto central del orden. Afirmamos que existe orden siempre que algo se repite. Puede tratarse de la repetición de una configuración espacial que se encuentra realizada en diferentes sistemas, o de un ritmo temporal que se encuentra en diferentes procesos.

Las pautas se relacionan también con la *regularidad*. Una configuración o un ritmo suponen que existen sistemas o procesos naturales que poseen una determinada estructuración que se produce de modo natural y que, por ese motivo, se repiten en diferentes casos individuales.

En la naturaleza, las pautas desempeñan una función esencial. En teoría, podemos pensar en mundos que posean muchas menos pautas que el nuestro. Pero la naturaleza que de hecho conocemos, y que hace posible nuestra existencia, está surcada por pautas en todos sus niveles y en todos sus fenómenos: ya hemos advertido que, si bien no todo son pautas en la naturaleza, todo se articula en torno a pautas. Las ciencias buscan, precisamente, el conocimiento detallado de esas pautas, y cada avance científico significa que hemos encontrado nuevas pautas en la naturaleza.

En definitiva, el orden natural se centra en torno a las pautas espacio-temporales: las configuraciones espaciales y los ritmos temporales.

c) *Orden y organización*

Sin embargo, todavía existe otro paso fundamental en el orden natural: la existencia no sólo de pautas, sino de *organización*.

El orden no equivale a la *organización*. La idea de organización tiene un sentido activo que no siempre se encuentra en la idea de orden, y sugiere algo más elaborado que un simple orden genérico. La organización es un caso particular del orden, un tipo especialmente fuerte de orden, que se da cuando existen componentes estructurados que cooperan de modo funcional, o sea, cuando existe unidad y cooperatividad entre los componentes de un sistema. Es el tipo de orden que se da en los sistemas cuyos miembros cooperan para su mantenimiento y actividad, realizando funciones específicas que contribuyen a esos objetivos.

El caso típico de organización natural es el de los vivientes, cuyos sistemas físicos se denominan, precisamente, *organismos*. En ellos se da una individualidad típica, acompañada de unidad, cooperatividad y funcionalidad. Sin embargo, la organización no es exclusiva del nivel biológico; también se da en el nivel físico-químico.

La distinción entre orden y organización es clave para el estudio de la naturaleza. En efecto, lo verdaderamente importante acerca de la naturaleza no es que posea un cierto orden: más bien resulta impensable un universo sin ningún tipo de orden. Lo importante es que la naturaleza posee un grado muy elevado de organización, que llega hasta extremos sorprendentes: el conocimiento ordinario lo atestigua, y las ciencias amplían de modo notable nuestro conocimiento de este hecho.

10.3. *Orden y organización en la naturaleza*

Los conocimientos actuales nos colocan en una posición muy ventajosa con respecto a los que nos han precedido. En la época antigua, la filosofía natural se encontraba seriamente limitada por la escasez de conocimientos concretos acerca de la naturaleza, y de ahí arrancaban muchos equívocos. Cuando la ciencia experimental moderna nació sistemáticamente en el siglo XVII, las ciencias progresaron de un modo muy fragmentario, de modo que los nuevos conocimientos no permitían formular una representación fiable de la naturaleza en su conjunto. Ahora, los conocimientos científicos acerca de los diferentes niveles de la naturaleza y de sus relaciones mutuas permiten, por primera vez en la historia, formular una cosmovisión rigurosa que incluye los aspectos básicos de la organización de la naturaleza.

Consideraremos ahora cómo está organizada la naturaleza. Y lo haremos distinguiendo en primer lugar los niveles que la constituyen, y analizando después como se integran esos niveles en la unidad característica de la naturaleza.

a) *Diversidad de niveles naturales*

Para lograr el objetivo que nos proponemos, que consiste en obtener una representación general de la naturaleza, nos interesa definir los niveles naturales

desde el punto de vista de su *organización*. Distinguiremos tres grandes niveles de la naturaleza: el nivel *físico-químico*, el nivel *astrofísico*, y el nivel *biológico*.

El nivel físico-químico

El nivel físico-químico consta, ante todo, de componentes *microfísicos*, cuyo pequeño tamaño impide que se los pueda observar directamente: las partículas subatómicas, los átomos (compuestos por partículas), las moléculas y las macromoléculas (compuestas por partículas y átomos). A partir de esos componentes se forman compuestos que suelen ser agregaciones, y pueden encontrarse en estado sólido, líquido o gaseoso, según sea mayor o menor la fuerza que une entre sí los componentes microfísicos.

Más adelante analizaremos los conocimientos actuales sobre la composición de la materia y los problemas a que dan lugar.

El nivel astrofísico

El nivel astrofísico consta de las estrellas, que se agrupan en galaxias, y de los planetas. Las estrellas contienen un núcleo en el que se dan, a una temperatura de millones de grados, reacciones de fusión nuclear en las cuales núcleos de hidrógeno se fusionan produciendo núcleos de helio y liberando una gran cantidad de energía; por eso las estrellas tienen luz propia y pueden verse desde la Tierra, aunque se encuentren a distancias inmensas de nosotros. En cambio, los planetas son simples agrupaciones de materia en estado sólido, líquido y gaseoso; no poseen luz propia.

Se calcula que en el universo hay unos cien mil millones de *galaxias*, y que cada una contiene entre mil millones de estrellas y un millón de millones de estrellas. Están situadas a millones de años-luz unas de otras. La galaxias más próximas a la Tierra son las Nubes de Magallanes; la Gran Nube está a 170.000 años-luz, y la Pequeña Nube está a 200.000 años-luz de nosotros (un año-luz es la distancia que recorre la luz en un año, a la velocidad de 300.000 kilómetros por segundo). La siguiente en cercanía es la galaxia de Andrómeda, que está a 2,2 millones de años-luz.

Nuestra galaxia tiene unos 150.000 millones de estrellas. El diámetro del disco es de unos 90.000 años-luz, y el espesor central es de unos 10.000 años-luz. Su edad es de unos 12.000 millones de años.

Las galaxias se componen de *estrellas*, que tienen su origen en la contracción gravitacional del gas interestelar, compuesto principalmente por hidrógeno y helio. A simple vista podemos observar unas 6.500 estrellas. La estrella más próxima a nosotros se encuentra en la constelación del Centauro, y está a una distancia de unos 4 años-luz. Sólo hay 11 estrellas a menos de 10 años-luz de la Tierra. La estrella mayor de las visibles a simple vista es la «épsilon Aurigae», que tiene un diámetro de 3.000 millones de kilómetros y se encuentra a 3.400 años-luz de

distancia de la Tierra; aunque sea enorme, se ve desde la Tierra como un pequeño punto, debido a la gran distancia que la separa de nosotros.

El Sol es una estrella de tipo medio; tiene un radio de unos 696.000 km. y se encuentra a unos 150 millones de kilómetros de la Tierra. Cada segundo pierde, como resultado de las reacciones termonucleares de su núcleo, unos 5 millones de toneladas de materia, que se convierten en energía. Está en plena actividad al menos desde hace 5.000 millones de años, y le queda combustible para unos 20.000 millones de años.

Las estrellas contienen casi toda la materia conocida. Son enormes agregaciones de materia que responden a principios físico-químicos bastante simples: se trata de fenómenos que se desarrollan en torno al núcleo estelar, que es un gigantesco horno de fusión termonuclear. Tienen su ciclo de formación, desarrollo y desintegración: su vida, aunque suele ser muy larga, atraviesa por diferentes etapas y tiene un fin. En los procesos que se desarrollan en el interior de las estrellas se forman los materiales básicos que sirven para la construcción de los planetas y de los vivientes. Además, la vida que conocemos depende de la energía que proporciona una sola estrella, el Sol.

Las condiciones de un planeta como *la Tierra* responden a leyes físico-químicas. Tendemos a pensar que las condiciones en las que vivimos son absolutamente estables. Sin embargo, a escala cósmica, las condiciones actuales de la Tierra son muy singulares, y corresponden a una fase que ha tenido un comienzo y tendrá un fin. Es probable que las condiciones en la Tierra hayan sufrido en otras épocas cambios bruscos debidos a impactos con otros objetos. En cualquier caso, las condiciones actuales, que hacen posible la vida, dependen de la intensidad de la energía que llega del Sol: cuando cambie en el futuro, no se darán las condiciones necesarias para todas las formas de la vida que ahora conocemos, incluida la nuestra.

Uno de los aspectos que más llama la atención en el ámbito astrofísico es la inmensidad del universo y, al mismo tiempo, la semejanza de los procesos físico-químicos que se desarrollan en las estrellas. Se trata de un nivel de organización relativamente simple; sin duda, en el enorme volumen de las estrellas se desarrollan procesos muy variados, pero los principios básicos que los rigen se pueden comprender con cierta facilidad sobre la base de los conocimientos actuales sobre el nivel físico-químico. Evidentemente, antes de que, ya avanzado el siglo XX, se desarrollase la física nuclear, era muy poco lo que podía saberse acerca de la auténtica naturaleza y actividad de las estrellas.

El nivel biológico

La organización de la naturaleza alcanza su máxima expresión en el nivel biológico, cuya sutileza se conoce en la actualidad cada vez mejor, gracias a los grandes avances de la biología molecular.

No es necesario volver sobre los datos y ejemplos acerca de la composición y el funcionamiento de las células, la información genética y los organismos, que se expusieron al estudiar los procesos naturales. En cambio, es oportuno subrayar *la continuidad entre el nivel biológico y el físico-químico*. La peculiaridad del nivel biológico no reside en sus componentes, sino en el *tipo de organización*.

Encontramos aquí un nuevo motivo para subrayar también *el carácter altamente específico del nivel físico-químico*. En efecto, la vida que conocemos es posible gracias a la existencia de propiedades físico-químicas muy singulares. Pueden destacarse especialmente las propiedades del carbono, que permiten una enorme cantidad de combinaciones consigo mismo y con otros elementos químicos y, de este modo, la existencia de las biomoléculas que se encuentran en la base de los fenómenos biológicos.

Las estructuras biológicas forman una gran cadena, con múltiples ramificaciones, de sistemas y subsistemas que poseen una organización muy específica y que despliegan un dinamismo altamente cooperativo. Responden a *principios estructurales* relativamente simples pero muy eficientes. Por ejemplo, la información genética de cada organismo se encuentra almacenada en los genes, codificada mediante un sencillo «alfabeto» de cuatro «letras»: las cuatro bases nitrogenadas que se encuentran a lo largo del ADN de los genes. La actividad de las proteínas, que desempeñan múltiples funciones en los organismos, depende de su estructura tridimensional específica, y ésta, a su vez, se encuentra determinada por los componentes de la proteína, cuya secuencia explica la estructura que adopta el sistema. El mundo bioquímico consta de un número relativamente pequeño de componentes, que bastan para que se formen estructuras muy específicas y sofisticadas.

En este ámbito es patente el entrelazamiento entre el dinamismo y la estructuración. En efecto, la actividad biológica depende de las estructuras específicas que constituyen los organismos desde el nivel molecular hasta el nivel de los tejidos, órganos y sistemas.

b) *Estratificación de los niveles naturales: continuidad y gradualidad*

De acuerdo con las consideraciones recién expuestas, resulta obvio que existe una *unidad básica de composición* y una *estratificación de los niveles*. El nivel físico (microfísico) se encuentra en la base de todos los demás, el nivel químico es el escalón siguiente, y a partir del nivel físico-químico existen dos series diferentes de entidades: por una parte, las entidades mayores que siguen perteneciendo al mundo físico-químico (las estrellas, la Tierra y los planetas), y por otra, los vivientes.

Además, es patente que *los diferentes niveles se encuentran relacionados entre sí*. Se acaba de recordar que el nivel físico-químico forma la base de los demás niveles, y además existen otros tipos de relaciones: por ejemplo, los vivien-

tes dependen de la energía suministrada por el Sol y de las condiciones físico-químicas que hacen habitable la Tierra. No existe ningún nivel totalmente desconectado de los demás.

Entre los diferentes niveles existe, a la vez, distinción y continuidad. Existe una estratificación, de modo que los niveles inferiores están integrados en los superiores. Por tanto, puede hablarse de *continuidad*, de *gradación* y de *jerarquía*.

Cada nivel puede ser considerado como *condición de posibilidad* de los niveles siguientes, de acuerdo con el orden indicado. No todo lo incluido en cada nivel es condición necesaria para los niveles siguientes, pero sí lo son sus aspectos básicos: las entidades, propiedades y procesos básicos del nivel físico hacen posible el nivel químico, y lo mismo sucede con el nivel químico con respecto al astrofísico, con éste respecto al geológico, y con éste respecto al biológico.

Un nivel puede ser condición de posibilidad de otro de dos maneras: porque le proporciona los *constituyentes*, o las *condiciones externas* que hacen posible su existencia. Así, las entidades físico-químicas básicas (partículas, átomos, moléculas) se encuentran en la base de todo lo demás, como sus constituyentes. El nivel astrofísico proporciona los constituyentes del geológico, éste proporciona los constituyentes del biológico, y ambos —el astrofísico y el geológico— proporcionan además las condiciones externas que hacen posible el nivel biológico. En el nivel biológico existen muchas relaciones de ambos tipos entre los diferentes organismos: por ejemplo, las plantas son un eslabón imprescindible para la existencia de los animales y del hombre, porque sólo ellas son capaces de sintetizar los componentes orgánicos, necesarios para los demás vivientes, a partir de elementos inorgánicos (los organismos «heterótrofos» dependen de los «autótrofos» que, por así decirlo, se alimentan directamente de la energía solar y de la tierra).

Por otra parte, existe una *jerarquía de organización* entre los niveles. No se trata de una estratificación puramente lineal o de magnitud, de una mera sucesión de agregaciones, pues existen relaciones más complejas de organización. No tendría mucho sentido, por ejemplo, preguntarse qué es superior o más perfecto, si una estrella o la Tierra, si un elefante o un águila. Pero puede afirmarse que los compuestos físico-químicos poseen mayor organización que los componentes fundamentales y, sobre todo, que los organismos del nivel biológico poseen una organización muy superior a la que existe en todos los demás niveles. Evidentemente, *el hombre ocupa el puesto superior en esa jerarquía*. A veces se critica esta afirmación tachándola de «antropocentrismo», argumentando que la Tierra no ocupa ningún lugar privilegiado en el universo y que el hombre, como ser biológico, no es superior a todos los demás seres en todos los aspectos; pero esto no afecta al hecho obvio e indudable de la supremacía jerárquica del hombre bajo el punto de vista, puramente natural, de su superioridad organizativa sobre cualquier otro ser (por supuesto, la superioridad es esencial si se tienen en cuenta las dimensiones espirituales).

11. La estructura físico-química

Los componentes físico-químicos constituyen la base de todas las entidades y procesos naturales. Por este motivo tiene especial interés analizar la composición físico-química de la naturaleza.

11.1. *La composición de la materia*

Aunque los antiguos propusieron teorías acerca de la composición de la materia, un conocimiento fiable de la composición de la materia sólo ha sido posible cuando, a partir del siglo XIX, se ha dispuesto de suficientes conocimientos de física y química. De hecho, la teoría atómica moderna se comenzó a formular a principios del siglo XIX.

a) *Panorama histórico de la física de los elementos*

El conocimiento de los elementos es un tema central desde la antigüedad. Los presocráticos propusieron explicaciones tales como la teoría de los cuatro elementos, cuya influencia duró dos mil años, y la teoría atómica que, en algunos aspectos, estuvo siempre presente a lo largo de los siglos y desempeñó una cierta función en la formulación de la teoría atómica científica a principios del siglo XIX. La composición de la materia ha sido siempre objeto de la investigación científica, que ha ido acompañada, también desde la antigüedad, por trabajos empíricos: por ejemplo, las técnicas para trabajar los metales. Las técnicas empíricas antiguas permitieron el conocimiento de nueve de los elementos químicos: siete metales (oro, plata, cobre, hierro, plomo, estaño y mercurio) y dos no metales (azufre y carbono). Aunque no se los conociera como elementos, se obtuvo la base empírica que hizo posible el ulterior desarrollo de la ciencia experimental.

En el siglo XVIII, antes de que se formularan las teorías que establecieron definitivamente la química moderna y disponiendo de recursos experimentales todavía precarios, se realizaron trabajos científicos de primera categoría que llevaron a aislar el cobalto (1735), el cinc (1746), el níquel (1751) y el manganeso (1774); otras investigaciones de envergadura semejante permitieron el descubrimiento de tres gases básicos: el nitrógeno (1772), el oxígeno (1774) y el hidrógeno (1776). También se descubrió el grupo de los metales wolframio, molibdeno, uranio y cromo, así como los elementos teluro, niobio, tántalo y vanadio.

La teoría atómica, propuesta por John Dalton en 1808, se basaba en un siglo y medio de trabajos pevios en la química, y se fue consolidando durante el siglo XIX. En 1869, Dimitri Mendeleiev formuló la tabla periódica de los elementos, que son los tipos fundamentales de átomos que constituyen la materia. En esa tabla, los elementos se encuentran ordenados por grupos que tienen propiedades semejantes. Como la tabla de Mendeleiev no estaba completa, el interés por conti-

nuar llenando sus casillas provocó el descubrimiento de nuevos elementos como el escandio, el galio y el germanio, en los 15 años que siguieron a su predicción teórica, y facilitó asimismo otros descubrimientos, tales como los de elementos artificiales producidos a partir de 1940.

La obtención de los elementos transuránidos, que se encuentran en la tabla periódica más allá del uranio (por tanto, con un número atómico superior a 92), es un ejemplo de investigación realizada gracias al desarrollo de altas tecnologías. El primero de estos elementos artificiales fue producido en 1940 realizando experimentos sobre la fisión del uranio, y el progreso en la construcción de aceleradores de partículas ha permitido que se sigan sucediendo descubrimientos en la misma línea.

Aunque la idea de átomo fue propuesta por Demócrito en la antigüedad, los átomos de la ciencia moderna poco tienen que ver con las ideas antiguas. Los antiguos denominaron *átomo* a los componentes últimos de la materia, pensando que eran auténticos elementos indivisibles; por el contrario, los átomos que estudia la ciencia actual son sistemas bastante complejos y no son elementos últimos: están compuestos de partículas subatómicas, que a veces se denominan *partículas elementales*, pero se sabe que muchas de ellas están compuestas, y es posible que ninguna de ellas sea realmente elemental.

Las moléculas están formadas por átomos unidos por enlaces químicos de diversos tipos. En la naturaleza existen 92 tipos de átomos (en los laboratorios se consigue producir más, aunque suelen tener una vida media muy efímera), y un gran número de moléculas y macromoléculas.

Vamos a examinar a continuación las ideas actuales sobre los componentes elementales de la materia.

b) *Teorías científicas actuales sobre los componentes microfísicos*

De acuerdo con el *modelo estándar*, muy bien comprobado experimentalmente, los componentes básicos de la materia son los *quarks* y los *leptones*. La combinación de *quarks* produce las partículas más pesadas (como los protones y los neutrones), y los *leptones* son partículas ligeras (como los electrones).

El *núcleo* de los átomos está compuesto por *protones* y *neutrones*, y en torno al núcleo se encuentran *electrones*, en número igual al de protones del núcleo y ocupando diferentes niveles de energía. Por tanto, la materia ordinaria está compuesta por tres partículas: los protones, los neutrones y los electrones. Acerca de este nivel de composición hay que notar dos características importantes.

La primera es que la organización de las partículas que componen los átomos es muy específica. En un átomo neutro, los protones del núcleo determinan su carga eléctrica positiva, y existe un número igual de electrones cargados negativamente. Además, en la naturaleza existen menos de 100 átomos (el hidrógeno tiene un protón en su núcleo, el helio tiene dos, y cada nuevo elemento tiene un protón más), muchas de cuyas propiedades se agrupan por familias de acuerdo

con el número de electrones de su última capa. La distribución de los electrones en capas se ajusta al «principio de exclusión» de la mecánica cuántica (propuesto por el físico Wolfgang Pauli), según el cual no pueden encontrarse dos electrones en idéntico estado; así, a medida que aumenta el número de protones del núcleo, aumenta también en igual número el de electrones, cuya organización específica da razón de las propiedades del átomo correspondiente. Por tanto, *la materia se encuentra organizada de un modo muy específico ya desde el nivel de los átomos*.

Otra importante característica es que, en realidad, las partículas subatómicas *no responden exactamente al concepto intuitivo de partícula*, ya que en muchos fenómenos actúan como ondas. Se trata, pues, de entidades microfísicas que sólo en parte responden al concepto clásico de corpúsculo. Las teorías actuales sobre las entidades microfísicas son «teorías de campos», y las partículas vienen concebidas como los «cuantos» de esos campos, o sea, como entidades muy peculiares que no corresponden exactamente a ninguna entidad de la experiencia común; son construcciones científicas altamente sofisticadas que no coinciden con las imágenes ordinarias. En ocasiones se ha propuesto considerarlas como «energía concentrada»; aunque esta expresión no tiene un sentido científico exacto, puede ser útil para comprender que la composición de la materia, en último término, no corresponde a partículas inmutables que se yuxtaponen: más bien corresponde a entidades dinámicas que interactúan y producen, en muchos casos, nuevas estructuras unitarias.

Las partículas subatómicas actúan entre sí mediante cuatro *interacciones básicas*: la *nuclear fuerte*, que mantiene unido el núcleo del átomo; la *nuclear débil*, que interviene en fenómenos muy específicos como la radioactividad; la *electromagnética*, que actúa entre partículas con carga eléctrica y es responsable de la cohesión de los átomos y de las moléculas, y en general de muchas propiedades de la materia; y la *gravitatoria*, que tiene efectos importantes en la atracción de cuerpos con masa apreciable. El alcance de las dos fuerzas nucleares es pequeñísimo: sólo actúan en el interior de los núcleos atómicos. En cambio, el alcance de las fuerzas electromagnética y gravitatoria es muy grande, aunque la intensidad de las respectivas interacciones decrece con la distancia.

Las partículas dentro de los átomos, y los átomos dentro de las moléculas, se encuentran ligados por fuerzas de tipo eléctrico. No debe pensarse en un modelo de tipo mecanicista, ya que los enlaces no equivalen a una mera yuxtaposición de partes de materia. *Los átomos y las moléculas son estructuras dinámicas*, ya que su cohesión se debe a fuerzas y pueden reunirse formando nuevas estructuras unitarias. Ni siquiera puede decirse propiamente que los átomos sean agregados de partículas y que las moléculas sean agregados de átomos.

Las moléculas también están unidas entre sí por fuerzas eléctricas. Las *fuerzas intermoleculares* son nulas fuera de la esfera de acción molecular, atractivas dentro de esa esfera hasta un punto en el que se anulan, y repulsivas de ahí en adelante. Las hay de corto y de largo alcance.

Los *compuestos* mayores constan de moléculas o simplemente de átomos que no llegan a formar moléculas (por ejemplo, cristales iónicos, como el cloruro de sodio). Las *macromoléculas* (proteínas, hidratos de carbono, lípidos, ácidos nucleicos) están formadas por muchas moléculas, unidas por enlaces químicos, que forman una estructura unitaria; las más pequeñas contienen hasta unos 200 átomos, y las mayores tienen miles o centenares de miles de átomos enlazados de modo repetitivo: éste es el caso de las biomoléculas (como las proteínas y los ácidos nucleicos), que desempeñan una función fundamental en los organismos vivientes.

Por fin, señalaremos que existen *substancias puras*, que tienen una composición y propiedades fijas, bien definidas; *mezclas*, que constan de dos o más substancias puras, de modo que los componentes mantienen sus propiedades; y *agregaciones*, que son muy variadas.

En definitiva, en el nivel físico-químico existen sucesivos *niveles de organización*, desde los átomos hasta las moléculas, las macromoléculas y los compuestos químicos, que corresponden a componentes e interacciones muy específicos. La organización físico-química no corresponde a una simple máquina mecánica cuyas piezas se encuentran yuxtapuestas; más bien corresponde a sistemas que poseen *propiedades holísticas*, *actividad cooperativa* y una gran *capacidad de integración*. Por tanto, el nivel físico-químico está completamente penetrado de dinamismo y estructuración, entrelazados en los diversos tipos de sistemas.

c) *Teorías de unificación*

La ciencia experimental progresa de modo fragmentario: para avanzar es preciso acotar problemas particulares. Cuando se dispone de un conjunto de conocimientos nuevos, es posible plantear su integración en una nueva teoría que los sintetice.

Esto es lo que sucede con las teorías que estudian las interacciones fundamentales. La física de Newton, formulada en el siglo XVII, incluía una teoría de la gravedad. Más tarde se establecieron diversas leyes referentes a la electricidad y al magnetismo; en la segunda mitad del siglo XIX, Maxwell las unificó mediante su teoría del electromagnetismo. Ya en el siglo XX, Einstein formuló, con su teoría general de la relatividad, una nueva teoría de la gravedad, y además se desarrollaron teorías sobre las fuerzas nucleares fuerte y débil. Los intentos de unificar estas teorías han conducido, por el momento, a la formulación de la teoría electrodébil, que muestra la posibilidad de unificar el electromagnetismo y la fuerza nuclear débil; y a diferentes intentos de unificar la teoría electrodébil con la fuerza nuclear fuerte, mediante las teorías de gran unificación, que todavía permanecen en una fase tentativa. En un terreno mucho más hipotético se sitúan los intentos de unificar las tres fuerzas mencionadas con la gravedad, mediante las teorías de la gravedad cuántica, que se denominan de este modo porque pretenden combinar la teoría de la gravedad y la física cuántica, ámbito en el que están formuladas las teorías de las otras tres fuerzas.

Los intentos de formular tales teorías de unificación no responden solamente a un interés teórico. En efecto, según los modelos generalmente admitidos sobre la formación del universo, en los primeros instantes después de la gran explosión las cuatro fuerzas fundamentales se encontraban unidas, no diferenciadas, en un estado que correspondería a las hipotéticas teorías de la gravedad cuántica. Mediante sucesivas rupturas de simetría, se habrían separado en primer lugar la gravedad y las otras tres fuerzas, que todavía se encontrarían unificadas en el estado descrito por las teorías de gran unificación, y después se habrían separado la fuerza nuclear fuerte y las otras dos fuerzas, descritas por la teoría electrodébil.

Por consiguiente, avanzar en las teorías de unificación significaría conocer mejor cómo se desarrollaron los procesos en los primeros instantes de existencia del universo. La situación física que existió entonces no se puede estudiar directamente; sin embargo, si las teorías de unificación corresponden a los sucesos primitivos, los experimentos que permitan someterlas a contrastación empírica vienen a ser como un laboratorio donde se someten a prueba las teorías sobre la formación del universo en su fase inicial.

Existen dificultades para realizar experimentos que sirvan para poner a prueba esas teorías, porque se necesita crear, en condiciones controladas, procesos con una energía muy elevada. El coste económico de esos experimentos es enorme. De hecho, las esperanzas que en la década de 1990 se pusieron en el futuro SSC (Super Colisionador Superconductor) que se comenzó a construir en Texas, con un túnel subterráneo de unos 80 kilómetros de circunferencia, se vieron frustradas cuando, después de haber construido una parte de la instalación, los políticos revocaron su anterior decisión y suspendieron la ejecución de ese proyecto. Por tanto, los experimentos necesarios para someter a control experimental las nuevas teorías sobre la constitución de la materia solamente se pueden realizar, por el momento, mejorando las instalaciones ya existentes, principalmente en el laboratorio europeo del Cern de Ginebra y en el Fermilab de Chicago en los Estados Unidos.

11.2. *Mecanicismo, dinamismo y energetismo*

Cuando se estudia la composición de la materia desde el punto de vista filosófico, se suelen oponer, por una parte, el *mecanicismo* que concibe la materia como básicamente pasiva y reduce la naturaleza a choques e impulsos mecánicos, y de otra parte, el *dinamismo* y el *energetismo* que subrayan el carácter básico de las fuerzas y de la energía, situándose en el polo opuesto al mecanicismo.

El término «dinamismo» significa, en este contexto, una teoría, un sistema de filosofía natural, que reduce toda la naturaleza en último término a «fuerzas». En cambio, aquí hemos utilizado y seguiremos utilizando ese término en otro sentido: subrayamos que lo natural posee un «dinamismo propio» o «dinamismo interno» que no depende solamente ni primariamente de acciones externas; no se trata de un sistema de pensamiento, sino de una característica concreta que posee lo natural y que es difícil expresar con otro término.

Ya nos hemos referido al mecanicismo y al energetismo al estudiar las entidades naturales. Los conocimientos actuales sobre la composición de la materia ponen de manifiesto que las explicaciones de la naturaleza proporcionadas por el mecanicismo y el energetismo son demasiado parciales: sólo representan algunos aspectos de la naturaleza, olvidando otros.

Ante la ciencia actual, la materia aparece dotada de un dinamismo interno que nada tienen que ver con los componentes rígidos que suelen asociarse a la doctrina mecanicista. Sin embargo, tampoco parece adecuado representar la materia mediante doctrinas puramente dinamistas que la reducen completamente a energía, en la línea del energetismo.

Cualquier representación fidedigna de la naturaleza debe incluir los dos aspectos, el dinámico y el estructural, que se encuentran estrechamente relacionados sin reducirse el uno al otro.

La materia se encuentra estructurada en diferentes niveles de organización, como consecuencia del dinamismo de sus componentes. El dinamismo de la materia se despliega de acuerdo con pautas y produce estructuras que, a su vez, son fuente de nuevos tipos de dinamismo.

11.3. *Problemas filosóficos relacionados con la física cuántica*

En ocasiones se afirma que la ciencia corrige a la experiencia o al sentido común, y que llega a invalidar convicciones que parecían firmemente asentadas. En concreto, muchas veces se apela a la física cuántica para afirmar que las nociones clásicas acerca del ser y la causalidad han perdido su valor.

Se afirma, por ejemplo, que la física cuántica invalida el principio de causalidad e incluso la noción misma de una realidad objetiva independiente. Algunos de los pioneros de la física cuántica, como Niels Bohr y Werner Heisenberg, han dado pie a tales interpretaciones al afirmar que, puesto que todos los experimentos están sometidos a las leyes de la mecánica cuántica y por tanto a las relaciones de indeterminación, la mecánica cuántica muestra que el concepto de causalidad ya no puede aplicarse siempre, o que términos como «ser» y «conocer» pierden su significado no ambiguo, ya que no puede ascribirse una realidad independiente en el sentido físico ordinario ni a los fenómenos ni a los agentes de observación. Parecería, pues, que la física exige prescindir de conceptos básicos del sentido común, y que éste no puede utilizarse para juzgar si los enunciados de la física son correctos. ¿Es esto cierto?

Sí y no. Cuando se trata de enunciados que sobrepasan las posibilidades del conocimiento ordinario, es obvio que su validez debe apreciarse mediante los métodos específicos de la ciencia correspondiente. Pero tales métodos utilizan necesariamente los recursos básicos de todo conocimiento válido, o sea, la experiencia y la lógica. Una analogía puede ilustrarlo. En una carrera de 100 metros lisos,

pueden utilizarse controles técnicos especiales para decidir quién ha llegado primero, y en ocasiones puede ser imprescindible hacerlo. Pero esos controles electrónicos no tendrían sentido sin el conocimiento ordinario: se sabe que existe una pista, que unos atletas toman la salida y que los mismos atletas llegan a la meta en un cierto orden, y estos datos del conocimiento ordinario son la base indispensable para aplicar los controles técnicos. De modo semejante, los métodos y resultados de la física suponen que existe una realidad exterior, diferente del pensamiento del físico, y que en ella se da un orden natural, de acuerdo con leyes objetivas, de modo que todo suceso tiene una causa que lo ha provocado. Hay que suponer además que existe por parte del físico la capacidad de conocer la realidad, y de razonar lógicamente de modo correcto. Sin esos supuestos, la física no tendría sentido.

Los problemas filosóficos referentes a la mecánica cuántica surgieron desde los comienzos de su formulación, alrededor de 1927. Se pretendía prescindir de factores inobservables, como las trayectorias de las partículas subatómicas, y utilizar sólo magnitudes observables, como los cambios de energía que se registran en los fenómenos atómicos y que siguen las leyes de la cuantificación. A esto se añade la imposibilidad de proporcionar representaciones intuitivas de los fenómenos microfísicos, de tal modo que los modelos corpuscular y ondulatorio son ambos parciales. Además, el principio de indeterminación de Heisenberg establece límites respecto a la precisión con que pueden medirse pares de variables conjugadas, tales como la posición y el momento de una partícula. Por fin, según la interpretación probabilista, la teoría no puede proporcionar predicciones sobre el comportamiento de las partículas individuales en los casos singulares, sino tan sólo probabilidades que se refieren a conjuntos de acontecimientos.

En este contexto se situó la polémica de 1927 entre Einstein y Bohr, y su desarrollo a raíz del experimento imaginario propuesto por Einstein y dos colaboradores (Podolski y Rosen) en 1935 (denominado, por las iniciales de los tres autores, experimento EPR). Einstein sostenía que la mecánica cuántica debe ser superada por una nueva teoría que restablezca el realismo y el determinismo, tal como él los entendía, y Bohr sostenía la opinión contraria. El resurgimiento de la polémica con motivo de las desigualdades formuladas por John Bell en 1965 ha llevado a idear y realizar experimentos capaces de decidir los problemas planteados. Aunque los experimentos de Alain Aspect y colaboradores parecen haber inclinado, desde 1982, la balanza en favor de Bohr, las discusiones continúan[3].

3. La bibliografía sobre estos temas es muy amplia. Pueden verse síntesis y discusiones, por ejemplo, en: *Le monde quantique* (obra colectiva dirigida por S. DELIGEORGES), Editions du Seuil, París 1984; Franco SELLERI, *El debate de la teoría cuántica*, Alianza, Madrid 1986. En la primera, B. D'Espagnat expone una interpretación que parece oponerse al sentido común en su acepción ordinaria. En la segunda, Selleri se muestra partidario de futuros cambios en la teoría cuántica, aduciendo argumentos que tampoco resultan del todo convincentes.

En esas discusiones existen problemas que se refieren a la física, sobre el alcance de las actuales teorías cuánticas. Existen asimismo problemas filosóficos acerca del indeterminismo en la naturaleza, que se plantean con motivo de la física cuántica. Pero todo ello no afecta a la afirmación del realismo y de la causalidad, que son afirmaciones estrictamente filosóficas y deben aceptarse para que la física tenga sentido. El problema del indeterminismo y el de la causalidad son diferentes: una cosa es afirmar que todo suceso debe tener una causa real (causalidad en sentido filosófico), y otra muy diferente es afirmar que todas las causas naturales actúan de acuerdo con leyes deterministas (en el sentido de la física clásica o del determinismo asociado a ella). La existencia de la causalidad no ofrece dudas, mientras que el indeterminismo es un problema abierto.

12. Unidad y orden en el universo

Las ciencias proporcionan en la actualidad un conocimiento de cada uno de los niveles naturales y de sus relaciones que, sin ser en modo alguno exhaustivo, permite elaborar una cosmovisión unitaria que está cargada de consecuencias, tanto científicas como filosóficas. Examinaremos ahora algunos aspectos y consecuencias de la cosmovisión científica actual.

12.1. *Unidad de composición y dinamismo en los sistemas naturales*

La unidad de la naturaleza es uno de los aspectos más sobresalientes de la cosmovisión actual, y se manifiesta, en primer lugar, en la *unidad de composición* de las entidades naturales.

En efecto, los componentes básicos de las entidades naturales son los mismos: las entidades microfísicas (partículas subatómicas, átomos, moléculas). No se encuentran todos en cada sistema, ni en la misma abundancia ni con la misma estructuración; pero se trata de un mismo conjunto de componentes fundamentales de todos los sistemas. Desde la antigüedad se han formulado teorías acerca de esta unidad de composición, pero sólo en la actualidad, por vez primera, se ha alcanzado un conocimiento auténtico de ella.

Los componentes microfísicos no pueden ser representados como porciones de materia inmutable o inerte. Un mismo átomo, por ejemplo, se encuentra en muchos estados diferentes en las diversas estructuras de que forma parte: está integrado en ellas, comparte electrones con otros átomos, etc. Podría incluso decirse que los átomos y moléculas que se estudian en las ciencias son tipos generales que corresponden aproximadamente a las situaciones concretas, enormemente variadas y dinámicas.

Existe, además, *unidad de dinamismo*, porque las leyes de los niveles básicos siguen actuando en los niveles de mayor organización. Además, se conocen

leyes que son aplicables en todos los niveles: por ejemplo, el principio de conservación de la masa y de la energía. Las cuatro interacciones básicas intervienen en los fenómenos de todos los niveles: las fuerzas nucleares en el ámbito de los núcleos; la fuerza electromagnética en un ámbito amplísimo que va desde la estructura de los átomos y las moléculas hasta la cohesión de los diversos estados de la materia; la gravedad en todos los fenómenos en los que resultan apreciables los efectos de las masas.

La unidad de composición y de dinamismo son dos aspectos de la unidad de la naturaleza en su doble aspecto dinámico y estructural. Ambos aspectos se encuentran interpenetrados, tal como corresponde al entrelazamiento entre el dinamismo y la estructuración.

12.2. *El universo*

La naturaleza no es un simple conjunto de seres heterogéneos. Una de sus características más notables es la unidad. No sólo existe una unidad de composición y de dinamismo; existe, además, una unidad de tipo superior, que nos permite hablar del universo como un gran sistema.

a) *La noción de cosmos o universo*

Los antiguos contemplaron el mundo como un cosmos o universo, o sea, no como una simple agrupación de seres, sino como una unidad basada en la cooperación de los diferentes factores y en una jerarquía en la que la persona humana ocupa el lugar central. Así aparece la naturaleza ante la *experiencia ordinaria*, que testimonia el lugar central que ocupamos en el universo. Sin embargo, el ulterior progreso de las ciencias llevó a poner en tela de juicio la noción espontánea de universo, y a sustitutirla por una *noción científica* que tendría, presuntamente, importantes implicaciones.

Ante la experiencia ordinaria, parece claro que el hombre es el centro del universo. Todo sugiere que el resto del universo existe en función del hombre. Sin embargo, esta idea ha sido criticada en nombre del progreso científico, como si fuera propia de una mentalidad primitiva que habría sido superada por los conocimientos proporcionados por las ciencias. Los factores decisivos de este cambio habrían sido dos. El primero se refiere al universo: la Tierra no es, como se afirmaba en la antigüedad, el centro del universo, sino un planeta sumergido en la inmensidad del universo. El segundo proviene de las teorías evolucionistas, según las cuales el hombre sería un animal más entre otros, un resultado de las leyes naturales a través del proceso de la evolución biológica.

Sin embargo, la *reflexión filosófica* muestra que el primer factor, que se refiere al lugar de la Tierra, es irrelevante para juzgar la posición del hombre en el

universo (a no ser que se intente determinar sólo su localización física). El segundo factor, que se refiere al evolucionismo, tampoco tiene demasiada importancia si se admite que, sea cual sea el origen de su organismo, el hombre posee unas características que le sitúan totalmente por encima del resto de la naturaleza; la existencia misma de la ciencia es una de las pruebas más contundentes al respecto.

En este sentido, existe un orden absoluto en el universo, que es el orden jerárquico. La persona humana se encuentra por encima del resto de la naturaleza; somos seres naturales que, a la vez, trascendemos la naturaleza: somos seres naturales que se elevan esencialmente por encima de la naturaleza a través del conocimiento intelectual, de la voluntad y de la libertad. No es difícil advertir que, si se tienen en cuenta las características específicas de la persona humana, encontramos en la naturaleza un tipo de orden que ya no es relativo. Sin embargo, ese orden se fundamenta sobre una jerarquía que trasciende el nivel estrictamente natural: precisamente por este motivo incluye aspectos absolutos.

b) *Finitud e infinitud del universo*

La pregunta sobre la finitud o infinitud del universo siempre ha atraído la atención de los científicos y pensadores. En la antigüedad griega, la finitud se relacionaba con la perfección, de modo que esa finitud sería un aspecto de la perfección del universo. Sin embargo, el nacimiento de la física clásica en el siglo XVII pareció favorecer la idea de un universo homogéneo e infinito. En el siglo XVIII, Kant afirmó que tanto la finitud como la infinitud del universo plantean aporías que no somos capaces de resolver.

En el siglo XX, algunos avances de la ciencia han abierto nuevos panoramas a este problema, que puede considerarse con relación al espacio o al tiempo.

Por lo que se refiere al espacio, la teoría de la relatividad parece apoyar que el universo podría ser finito pero ilimitado, como si estuviese encerrado en torno a sí mismo de tal modo que, por mucho que avancemos en una dirección, nunca encontraríamos un límite último. Tal sería el caso de alguien que se encontrara sobre una superficie esférica: podría viajar indefinidamente en cualquier dirección sin tropezarse nunca con un final. De todos modos, esta comparación no soluciona todos los problemas.

Por lo que se refiere al tiempo, los modelos del universo que han recibido cada vez más aceptación entre los científicos a partir de la segunda mitad del siglo XX, contemplan al universo como poseyendo una edad limitada, que se suele cifrar en torno a unos quince mil millones de años. El universo parece tener una historia y una evolución a partir de un origen en el tiempo. Sin embargo, con ello no se resuelve completamente el problema, puesto que queda por explicar cuál fue el origen de la gran explosión inicial: siempre será posible pensar que pudo provenir de un estado anterior, diferente, de la materia y energía del universo. La ciencia por sí sola no se encuentra en condiciones de negar esa posibilidad.

También en el caso del tiempo se ha formulado una propuesta semejante a la de la teoría de la relatividad en relación al espacio. En concreto, Stephen Hawking ha sugerido que, de acuerdo con las hipotéticas teorías de la gravedad cuántica, podría suceder que el universo fuera limitado en el tiempo y que, a la vez, no se pudiera señalar un momento concreto para su origen, porque al aproximarnos más y más a ese momento el concepto mismo de tiempo vendría alterado.

Desde el punto de vista filosófico, el universo es finito porque es un conjunto de creaturas limitadas. En sentido estricto, sólo Dios puede ser infinito. La eternidad de Dios no es una duración ilimitada: Dios se encuentra fuera del tiempo, y el tiempo no existe independientemente del universo. A estos efectos, poco importa la magnitud espacial y temporal del universo, cuyo ser necesariamente depende de Dios. Por otra parte, cuando los cristianos admiten que el tiempo se ha originado con el universo, y que éste no tiene una duración ilimitada, lo hacen apoyándose en la revelación, no en demostraciones científicas o filosóficas.

12.3. *Cosmos físico y mundo humano*

La naturaleza proporciona las condiciones necesarias para la existencia y para el desarrollo de las potencialidades de la persona humana. Puede decirse que, con el hombre, llegamos a un nivel esencialmente superior al resto de la naturaleza, con la cual el hombre se encuentra profundamente ligado. En la cultura contemporánea, una de las ciencias que se ha desarrollado es la ecología, que subraya la interdependencia de todos los componentes de la naturaleza.

a) *La Tierra como ecosistema de la vida*

Aunque no poseemos explicaciones definitivas sobre el origen de la vida sobre la Tierra, es evidente que la existencia misma de la vida y su desarrollo en una enorme variedad de formas es posible porque en la biosfera existen unas condiciones físico-químicas muy específicas.

La biosfera está formada por la corteza terrestre junto con sus límites en la atmósfera y en los océanos: una capa de varios kilómetros donde existe la vida tal como la conocemos. Aunque incluye muchísimos componentes individuales diferentes, las relaciones de dependencia de unos con respecto a otros son muy grandes, y puede hablarse de la biosfera como un gran sistema. Según las opiniones más extremas, representadas por los partidarios de la hipótesis Gaia propuesta por James Lovelock, debería considerarse la biosfera como un auténtico sistema unitario, un verdadero organismo. Sin necesidad de adoptar una posición tan extrema, los avances de las ciencias ponen de manifiesto que la unidad que existe entre los diferentes niveles e individuos que componen la naturaleza es mucho más fuerte de lo que podría parecer a primera vista.

Los ejemplos de esa interconexión son tan abundantes como se desee. Desde el punto de vista físico-químico y geológico, en la Tierra se dan un conjunto de condiciones muy específicas que hacen posible la existencia y el desarrollo de la vida: esas condiciones se refieren a las leyes fundamentales de la física y la química, y a las características de nuestro planeta[4].

b) *Ecología y ecologismo*

La *ecología* es una disciplina científica que estudia los *ecosistemas*, que son sistemas naturales que abarcan un conjunto de vivientes que forman una cierta unidad de interdependencia.

El concepto de ecosistema es muy amplio, de modo que puede aplicarse a una enorme cantidad de sistemas diferentes: desde una charca hasta un bosque, e incluso a la biosfera en su conjunto. La delimitación de ecosistemas concretos depende, en gran medida, del objetivo que nos propongamos al estudiarlo.

La ecología es, por su propia naturaleza, una rama interdisciplinar de la ciencia, puesto que debe utilizar datos provenientes de la física, la química, la geología, y la biología. El ámbito de problemas que abarca es también enorme, aunque utiliza, como principio unificador, una perspectiva que otorga la primacía a la conservación de la riqueza y variedad de la naturaleza, evitando lo que pueda dañarla.

Es en este punto donde se plantea el *ecologismo* como defensa de la naturaleza. La importancia que ha adquirido se debe, en buena parte, a que se ha tomado conciencia de los destrozos que el progreso tecnológico causa a la naturaleza si ese progreso no se realiza de un modo racional y controlado.

Existen dos motivos diferentes para promover el respeto a la naturaleza: uno teórico y otro práctico. El motivo teórico se fundamenta en la unidad que existe entre todos los seres de la naturaleza: sentirnos formando parte de la naturaleza conduce a una actitud de respeto que es compatible con la utilización racional de la naturaleza para las necesidades humanas, y este respeto se puede relacionar con una actitud religiosa que en ocasiones ha tenido manifestaciones históricas bien conocidas. El motivo práctico se relaciona con los inconvenientes que surgen, en la actualidad y para las generaciones futuras, si se utilizan de modo irresponsable los recursos naturales.

El ecologismo apunta, con frecuencia, a problemas reales. De hecho, en nuestra época se ha avanzado bastante en la toma de conciencia de esos problemas. Su solución presenta, a veces, dificultades que exigen serios esfuerzos. Desde el punto de vista de la cosmovisión científica actual y de su impacto filosófico, la perspectiva ecológica encuentra serio apoyo en la unidad de la natura-

4. Puede verse un estudio amplio y pormenorizado de ese tipo de características en: John D. BARROW y Frank J. TIPLER, *The Anthropic Cosmological Principle*, Clarendon Press, Oxford 1986.

leza y en la interdependencia mutua de sus constituyentes. Desde el punto de vista religioso, el mandato divino de dominar la tierra, recogido por el cristianismo, no puede tomarse como excusa para fomentar una explotación indiscriminada de la naturaleza, una actitud de desprecio ante otros vivientes, o una actitud irresponsable con respecto a las generaciones futuras. En cambio, el personalismo filosófico y la perspectiva religiosa pueden ayudar a evitar los excesos de ciertas posiciones ecologistas que plantean reivindicaciones difícilmente justificables, como exigir un trato a los animales de acuerdo con unos presuntos derechos que se situarían en un nivel igual o semejante al de los derechos humanos.

12.4. *La nueva cosmovisión*

Hemos examinado algunos aspectos de la cosmovisión actual, tales como el lugar central de la emergencia y de la auto-organización en la génesis de la naturaleza, la continuidad y gradualidad de los diferentes niveles naturales, y la unidad de composición y de dinamismo en los sistemas naturales. Vamos a añadir ahora algunas consideraciones complementarias.

a) *Teorías del caos, la complejidad y la auto-organización*

Ya hemos aludido a algunos de los avances más significativos de la ciencia contemporánea que suelen resumirse bajo el título de la *complejidad*. Bajo este término se suele incluir todo un conjunto de avances que se relacionan con la *morfogénesis*, o sea, con el origen de nuevas formas: se consigue explicar científicamente cómo surgen nuevas modalidades de orden a partir de estados de menor orden.

Las teorías del *caos determinista*, así como la *termodinámica de procesos irreversibles* y la *sinergética*, estudian la formación de nuevas estructuras en ciertas condiciones que implican discontinuidades o puntos críticos. Estas teorías se extienden a muchos fenómenos de tipo cooperativo y muestran que la formación de nuevas pautas depende de la actividad cooperativa de diferentes sistemas.Una de las ideas más importantes de las teorías del caos es que, aun tratándose de sistemas que siguen leyes deterministas, su evolución es intrínsecamente impredecible: sólo se podría determinar la posición del sistema en un futuro lejano si se conocieran con total precisión las condiciones iniciales, pero esto es imposible, según el principio de indeterminación de la mecánica cuántica, y a ello se añade que pequeñas diferencias en las condiciones iniciales acaban produciendo una evolución muy diferente de los respectivos sistemas.

Por tanto, estas teorías apuntan hacia una cosmovisión donde la emergencia de novedades es la consecuencia de unos procesos de auto-organización que no se pueden reducir a acciones de tipo determinista.

En los diferentes niveles de la naturaleza se da una verdadera *emergencia* o novedad con respecto a sus componentes. En cada nivel existen características nuevas que no existen en los componentes: nuevas estructuras holísticas y nuevos tipos de dinamismo, nuevas propiedades. Esto es un hecho que suele reconocerse sin dificultad, independientemente de las explicaciones que de él se den.

En la cosmovisión actual desempeña un lugar central la idea de *auto-organización*. La auto-organización corresponde a la formación de estructuras como resultado del despliegue de dinamismos naturales. Por tanto, se encuentra estrechamente relacionada con la caracterización de lo natural en función del dinamismo y la estructuración.

La novedad actual radica en que se conocen ya muchos fenómenos de cooperatividad en los niveles de la física y la química, y en que se conocen cada vez mejor las bases físico-químicas de los fenómenos biológicos. En sistemas que mantienen intercambios energéticos con el exterior, pueden aparecer nuevas formas de organización; se trata de sistemas fuera del equilibrio, en los cuales aparecen comportamientos colectivos de sus componentes, de tal modo que, en determinadas condiciones, prevalece una nueva forma de organización.

Los fenómenos de auto-organización ponen de manifiesto la existencia de *cooperatividad*, *tendencias* y *direccionalidad* en la naturaleza. Por tanto, invitan a replantear los problemas acerca de las formas y los fines.

b) *Cooperatividad, sutileza e información*

La integración de los niveles manifiesta que se da una *cooperación* entre todas las entidades naturales y entre los diferentes niveles. Por ejemplo, el nivel biológico necesita de los niveles físico y químico para su composición interna, del geológico para su hábitat, y del astrofísico como fuente de energía. Los diferentes niveles forman un conjunto unitario en el cual existen muchas relaciones cooperativas.

Además de la cooperatividad entre los diferentes niveles continuos, graduales y jerárquicos, existe otro aspecto de la naturaleza que tiene gran importancia para evaluar su perfección: la *sutileza* de su organización. En efecto, en cada nivel existen procesos muy específicos que se despliegan en pasos coordinados y hacen posible la organización singular de nuestro mundo, y este despliegue del dinamismo natural puede ser contemplado en función de una *información* que se almacena y se despliega estructuralmente en torno a pautas.

Por ejemplo, en el nivel físico-químico, con muy pocos componentes y leyes básicos se obtiene una inmensa variedad de compuestos que hacen posible la existencia de los demás niveles de organización. Este nivel básico de organización responde a pautas específicas, que pueden ser contempladas como *principios estructurales* que ahora conocemos ya con cierto detalle; no es el resultado de una

especie de caos. Existe el azar en el sentido de coincidencia accidental de diferentes dinamismos, pero cada uno de los dinamismos y la integración entre ellos se despliegan de acuerdo con pautas. Los principios estructurales básicos son simples; se trata de las interacciones básicas, el principio de exclusión, los principios de conservación, etc.; pero, al mismo tiempo, explican la construcción de una enorme variedad de compuestos muy específicos que constituyen la base de los demás niveles.

Algo semejante ocurre en los demás niveles. En definitiva, la organización de la naturaleza responde a una *información* que se codifica y almacena estructuralmente, se despliega, se combina e integra.

Por tanto, la organización de la naturaleza muestra que en ella existe una *racionalidad* que es, además, muy sofisticada. Cuanto más progresan las ciencias, mejor conocemos los principios estructurales del orden natural, y más claramente aparece su racionalidad y sutileza.

c) *Factores aleatorios en la naturaleza*

Tanto el orden como el desorden son conceptos relacionales, que se definen en cada caso de acuerdo con criterios particulares. *El orden de la naturaleza no es absoluto*. Existe orden, pero también existe desorden (que tampoco es un puro desorden o *caos absoluto*). La mezcla de orden y desorden (relativos) es la norma general en los diferentes niveles de la naturaleza.

Por ejemplo, la *regularidad* se refiere siempre a algunos aspectos y no a otros. La regularidad de las *configuraciones espaciales* es siempre relativa; la materia en estado cristalino posee propiedades geométricas específicas que pueden considerarse ordenadas cuando se las contempla bajo ciertos criterios, pero no bajo cualquier criterio. Algo semejante sucede con la regularidad de los *procesos*; el movimiento rectilíneo uniforme posee un orden que, en cambio, no poseen el movimiento rectilíneo acelerado ni el movimiento a lo largo de una circunferencia, pero la inversa también es cierta. Estas consideraciones pueden aplicarse también a las *leyes*.

Las fuerzas naturales no son fuerzas simplemente cooperativas. En muchos casos se oponen y dan lugar a dinamismos concurrentes. El orden que resulta depende de qué fuerzas prevalecen y, en general, de cómo se integran los dinamismos en cada caso.

Además, *existen factores aleatorios en los procesos naturales*. La complejidad de los factores que intervienen en la mayoría de los procesos basta para advertirlo. Las coincidencias de los dinamismos particulares no son una consecuencia necesaria de ninguno de ellos. En este sentido, la existencia y la relevancia de factores aleatorios es indudable: *en la naturaleza existe azar*, entendido como coincidencia de causas independientes (no nos referimos aquí a la providencia di-

vina, que se encuentra en otro nivel y se extiende a todo, porque Dios es la Causa primera del ser de todo lo que existe).

Sin embargo, no sería adecuado atribuir *una causalidad propiamente dicha al azar*. El azar pertenece a las causas *impropias o accidentales*. Esto significa que todo lo que sucede tiene unas causas *propias*, también lo que decimos que sucede al azar. Si se centra la atención sólo en las causas naturales de los fenómenos, puede afirmarse que no sólo existen factores aleatorios, sino que existen en abundancia y contribuyen en gran medida a la producción del orden que observamos en la naturaleza. Pero esto nada tiene que ver con otorgar al desorden o al caos en sentido propio una función causal. Incluso es posible pensar que, a veces, el desorden es consecuencia de un exceso de orden, que tiene lugar cuando varios tipos diferentes de orden concurren en un mismo proceso[5].

Estas reflexiones permiten comprender que, cuando afirmamos que la naturaleza posee una organización muy sutil y sofisticada, no olvidamos la existencia de muchos aspectos que, bajo determinados puntos de vista, son desordenados o azarosos. Y también permiten deshacer algunos equívocos que se basan en ideas demasiado simples acerca del orden y el desorden. Esto sucede, por ejemplo, cuando se afirma que el orden natural habría surgido por azar a partir de un *caos* primordial, identificando unas *condiciones físicas violentas* con una *situación caótica*[6]. En realidad, que unos determinados efectos sean producidos por choques entre millones de partículas en continua agitación no equivale a un *caos* en sentido estricto, a menos que se afirme que esos choques y sus efectos no siguen ninguna pauta natural: pero la ciencia muestra todo lo contrario.

d) *La singularidad del orden natural*

Ante la experiencia ordinaria, la naturaleza manifiesta un orden muy específico. El progreso científico conduce a un conocimiento mucho más sorprendente y preciso de ese orden.

Algo puede considerarse específico, en un sentido amplio, cuando se refiere a una especie o tipo determinado. En este sentido, todo lo que existe es específico, ya que tiene un modo de ser definido. Un problema más interesante surge cuando nos preguntamos si la naturaleza es específica en un sentido más restringido, que significa algo muy *singular*, que tiene un carácter excepcional. Para responder a este interrogante, deben considerarse las características de los diferentes niveles naturales, porque cada uno de ellos posee caracteres específicos diferentes.

5. Cfr. P. Weiss, "Some Paradoxes Relating to Order", en: P. G. Kuntz (editor), *The Concept of Order*, The University of Washington Press, Seattle-London 1968, p. 16.

6. Cfr. E. Morin, *El Método*. I. *La naturaleza de la Naturaleza*, Ediciones Cátedra, Madrid 1981, pp. 76-78 y 82.

En el *nivel astrofísico*, el funcionamiento de las estrellas responde a un mismo tipo de procesos: las reacciones termonucleares de fusión, en las que se unen núcleos de hidrógeno para formar núcleos de helio. El esquema básico es el mismo en todas las estrellas. Su magnitud, estratificación y otros procesos dependen de las condiciones de cada caso, pero responden también a unas mismas leyes físico-químicas. Por tanto, el comportamiento de la casi totalidad de la materia del universo, que se concentra en las estrellas, sigue un orden que nada tiene de singular; más bien se reproducen unos mismos tipos de procesos en muchos miles de millones de estrellas. La distribución de las estrellas en galaxias responde también a principios simples, ya que depende fundamentalmente de las fuerzas gravitacionales; y lo mismo sucede con la distribución de las galaxias.

En el *nivel geológico* existe un orden mucho más singular, al menos de acuerdo con nuestros conocimientos actuales. No conocemos ningún otro planeta que tenga características semejantes a las de la Tierra. Esto no significa que no existan; incluso si existieran muchos planetas semejantes, sería difícil detectarlos, puesto que se encontrarían a grandes distancias de nosotros y carecerían de luz propia. Por consiguiente, en este terreno podemos hablar de un orden muy singular: por el momento, único. Sin embargo, la existencia de otros planetas semejantes no supondría ninguna sorpresa desde el punto de vista de las leyes científicas. La singularidad de la Tierra se refiere a que en ella se dan unas condiciones muy ajustadas que hacen posible el desarrollo de los vivientes; bastarían pequeños cambios en alguna de esas condiciones para que la vida, tal como la conocemos, resultase inviable.

El *nivel biológico* es todavía más singular. En este caso, la singularidad no se refiere sólo a los tipos de vivientes, sino a la existencia misma de la vida. Una sola célula es algo mucho más complejo y organizado que cualquier entidad del nivel físico-químico; los organismos más desarrollados son, con mucho, las entidades más complejas de nuestro universo. Y las condiciones físico-químicas que hacen posible la vida son muy singulares.

En el caso del *hombre*, la singularidad llega a ser enorme. La vida humana sólo es posible dentro de un ámbito muy estrecho de condiciones, y el organismo humano tiene un carácter enormemente singular.

La conclusión de este breve recorrido puede resultar sorprendente. En efecto, podemos concluir que nuestro mundo es muy simple en cuanto a su composición y leyes básicas, muy repetitivo en las macro-entidades del nivel astrofísico, muy singular por lo que se refiere a nuestro hábitat inmediato, y enormemente sofisticado en la organización de los vivientes y, especialmente, del hombre. Por tanto, en nuestro mundo coexisten unos aspectos básicos relativamente simples y unos resultados enormemente singulares.

Se puede afirmar que nuestro universo es muy singular. Lo es, porque sus componentes y leyes fundamentales son, por una parte, relativamente simples, y

por otra, hacen posible la construcción de unos resultados enormemente variados, organizados y cooperativos. Por decirlo en pocas palabras, parece que no se puede hacer más con menos esfuerzo. Incluso suponiendo que no existan otros seres inteligentes en todo el universo, y suponiendo que las condiciones que hacen posible nuestra vida sean el resultado de procesos evolutivos, la existencia de miles de millones de galaxias y estrellas sería un gasto muy sencillo y bajo, e incluso quizás imprescindible, para que se pudieran haber dado todos los procesos necesarios para nuestra existencia.

Capítulo V

El ser de lo natural

Conocemos la naturaleza a través de sus manifestaciones en el espacio y el tiempo, o sea, a través de estructuras espacio-temporales que captamos mediante nuestros sentidos. Pero la naturaleza no se reduce a esas dimensiones: posee una especie de fuerza o energía que se encuentra como almacenada en las estructuras espaciales y se despliega en el tiempo.

Estas dos facetas ya estaban presentes cuando caracterizamos lo natural en función del dinamismo y la estructuración. Advertimos entonces que se trata de dos aspectos interpenetrados o entrelazados, y que lo peculiar de la naturaleza es, precisamente, ese entrelazamiento. El dinamismo natural no existe aislado: su existencia y su despliegue se encuentran íntimamente relacionados con la estructuración espacio-temporal.

La caracterización de lo natural mediante el dinamismo y la estructuración es, sin duda, una caracterización filosófica. Continuando ese análisis, utilizaremos ahora los conceptos de materia y forma, que al cabo de siglos siguen siendo un instrumento muy valioso para el análisis filosófico de lo natural. A modo de introducción, dedicaremos un primer apartado a analizar el nivel propio de este análisis filosófico de la naturaleza.

13. Niveles de comprensión de la naturaleza

Las ciencias proporcionan un conocimiento detallado de la naturaleza. La filosofía toma ese conocimiento, juntamente con el proporcionado por la experiencia ordinaria, como base para su reflexión sobre la naturaleza. Esta reflexión adopta una perspectiva distinta de la que utilizan las ciencias, pero ambas son complementarias.

13.1. *Análisis científico y reflexión metafísica*

a) *La perspectiva científica*

La ciencia experimental se consolidó en el siglo XVII adoptando un método que suponía renunciar al conocimiento de las esencias, sustituyéndolo por una perspectiva que combina las matemáticas y la experimentación.

A pesar del enorme éxito de la ciencia experimental, en la actualidad se encuentren ampliamente difundidas interpretaciones *instrumentalistas* y *convencionalistas*, según las cuales las ciencias sólo proporcionarían instrumentos conceptuales que harían posible el dominio controlado de la naturaleza y que, en el mejor de los casos, sólo podrían ser consideradas como *conjeturas* más o menos plausibles acerca de las características de la realidad.

Los problemas acerca del alcance de las ciencias surgen de tres motivos principales. En primer lugar, el recurso a las matemáticas parece limitar el conocimiento científico a los *aspectos cuantitativos*; en consecuencia, se afirma en ocasiones que las ciencias no proporcionan un conocimiento auténtico de la realidad. En segundo lugar, la validez de las teorías científicas se comprueba mediante datos experimentales que se refieren a condiciones fácticas concretas; de ahí suele concluirse que nunca se puede establecer definitivamente la verdad de las teorías, y que estas teorías siempre tendrían un *carácter hipotético o conjetural*. En tercer lugar, tanto para formular las teorías como para planear e interpretar los experimentos es necesario recurrir a construcciones nuestras que, al menos en parte, son convencionales y revisables; por tanto, parece que las teorías sólo tendrían un *valor instrumental*.

Sin embargo, las ciencias experimentales proporcionan conocimientos auténticos acerca de la naturaleza. De hecho, poseemos muchos conocimientos bien comprobados, que permiten el desarrollo de tecnologías de alta precisión. Las dificultades mencionadas son reales. Sin embargo, en muchos casos puede llegarse a una certeza práctica; esto sucede, por ejemplo, cuando una teoría proporciona buenas explicaciones y predicciones, especialmente si son exactas, si se refieren a fenómenos independientes, y si son coherentes con los resultados de otras teorías bien comprobadas.

Cuando se dispone de construcciones cuya formulación y comprobación son rigurosas de acuerdo con los criterios expuestos, puede afirmarse que *corresponden a la realidad* y que, por tanto, son *verdaderas*. Sin embargo, esa correspondencia no significa que sean una réplica exacta de la naturaleza. Se trata de una verdad *contextual*, porque las construcciones sólo tienen sentido dentro de un contexto teórico y experimental que nosotros definimos y que supone la adopción de puntos de vista particulares. Por tanto, es una verdad *parcial*, que no agota lo que puede decirse acerca de la naturaleza. Pero todo ello no impide que se trate de una verdad *auténtica*, que nos da a conocer aspectos reales de la naturaleza. De

este modo se comprende que la ciencia experimental proporcione conocimientos que son, a la vez, auténticos, parciales y perfectibles[1].

El conocimiento alcanzado mediante la ciencia experimental no agota, sin embargo, lo que podemos saber acerca de la naturaleza. Tiene unos *límites*, que son una consecuencia de la limitación voluntaria de la perspectiva científica. El mismo motivo que explica el éxito de la ciencia experimental, explica también sus límites. En efecto, la perspectiva científica excluye deliberadamente las dimensiones que no puedan relacionarse con el *control experimental*. Por tanto, quedan fuera de su ámbito las dimensiones *ontológicas*, que se refieren al *modo de ser* de lo natural, y las dimensiones *metafísicas*, que se relacionan con el fundamento radical de la naturaleza, con las leyes generales del ser, y con el *espíritu* y la *libertad* de la persona humana.

b) *La perspectiva de la filosofía de la naturaleza*

Podría parecer que las ciencias poseen el monopolio del estudio de la naturaleza, ya que la filosofía no dispone de métodos especiales para conseguir conocimientos inaccesibles al método científico. La ciencia experimental ocuparía el lugar de la antigua filosofía de la naturaleza, o la habría absorbido dentro de su ámbito de competencia.

El *positivismo* del siglo XIX y el *neo-positivismo* del siglo XX intentaron reducir todo conocimiento válido al de la ciencia natural, y concebían las leyes científicas como simples relaciones entre fenómenos observables. Sin embargo, hoy día suele aceptarse que la *ciencia positiva*, o sea, la ciencia tal como es descrita por el positivismo, no existe. En cada paso de la actividad científica necesitamos creatividad, interpretaciones y valoraciones. Un científico positivista podría ser sustituido por un ordenador, pero sólo podría trabajar bajo la programación de un científico no positivista. En la ciencia se busca un conocimiento auténtico de la naturaleza, y esto no puede lograrse mediante procedimientos automáticos. La ciencia experimental trabaja sobre unos supuestos filosóficos y el progreso científico retro-actúa sobre esos supuestos. La ciencia y la filosofía adoptan perspectivas diferentes, pero existe una interacción entre ellas en todos los niveles.

En este contexto, la reflexión filosófica es necesaria, ante todo, para la *evaluación del conocimiento científico*. En efecto, la reflexión sobre los métodos científicos, sobre los supuestos generales de la ciencia y los supuestos particulares utilizados en cada caso, y sobre la interpretación de los resultados obtenidos, incluyen factores filosóficos. La reflexión filosófica también es necesaria si se desea formular una *cosmovisión*, o sea, una representación de la naturaleza en la que queden reflejadas sus características fundamentales. Y resulta imprescindible

1. Se encuentra una explicación amplia de estos problemas en: Mariano ARTIGAS, *Filosofía de la ciencia experimental. La objetividad y la verdad en las ciencias*, cit., capítulo 6.

cuando se abordan los *problemas ontológicos*, que se refieren a las características básicas del modo de ser de la naturaleza.

Los interrogantes ontológicos acerca de la naturaleza se plantean hoy día con tanta fuerza como en épocas anteriores. A grandes rasgos, suelen coincidir con los problemas clásicos acerca de la substancialidad, la causalidad, las cualidades, el espacio, el tiempo, la teleología, el origen del universo. Al igual que en otras épocas, también se plantean los problemas típicamente metafísicos acerca del espíritu, la libertad y la trascendencia. Puede afirmarse que, en la actualidad, existe un consenso general acerca de la existencia de esos interrogantes genuinamente filosóficos.

13.2. *La comprensión metafísica de lo natural*

Vamos a aludir a algunos problemas filosóficos con que se tropieza la reflexión filosófica sobre el ser de lo natural, especialmente en cuanto se relacionan con la materia y la forma, que es el objeto de este capítulo.

a) *Unidad y pluralidad*

Uno de estos problemas es el de la unidad y la pluralidad. En nuestra caracterización de la naturaleza hemos subrayado, desde el principio, que lo natural posee una estructuración espacio-temporal, y que en la naturaleza tienen una especial importancia las pautas, o sea, las estructuras que se repiten.

En efecto, el orden natural gira en torno a esas pautas que se repiten en casos numéricamente diferentes. Esa pluralidad de realizaciones de unas mismas pautas unitarias nos lleva a distinguir las notas que caracterizan a una pauta, que forman una unidad, y sus realizaciones concretas, que pueden ser múltiples. Lo cual, a su vez, nos lleva a distinguir las determinaciones formales, que corresponden a las notas definitorias de las pautas, y las condiciones materiales, que corresponden a las realizaciones numéricamente diferentes de esas pautas.

Un caso particular es la realización individual de modos de ser específicos que son comunes a muchos individuos. La *especificidad* y la *individualidad* llevan, de nuevo, a los conceptos de forma y materia.

b) *Dinamismo e interacción*

Hemos subrayado también el dinamismo como un carácter fundamental de lo natural. La naturaleza es un mundo de interacciones, y lo aparentemente estático corresponde a estados de equilibrio.

Las interacciones son el resultado del dinamismo de las entidades naturales. El dinamismo responde al modo de ser de esas entidades y se despliega de acuer-

do con ese modo de ser, que está marcado por la materialidad. El ser y la actividad de lo natural se encuentran enraizados en condiciones materiales, se realizan en el espacio y en el tiempo. También en este sentido, la consideración de la materia y la forma es importante para comprender el modo de ser de lo natural y de la actividad que le corresponde.

c) *Las cuatro causas y la concausalidad*

Entendemos algo si sabemos responder a las preguntas acerca del *por qué*, lo cual equivale a conocer sus *causas*. Algo resulta inteligible en la medida en que se le pueden asignar unas causas que lo expliquen.

En este contexto, la teoría aristotélica acerca de la causalidad proporciona importantes indicaciones, porque de algún modo abarca los diferentes tipos de preguntas que pueden hacerse acerca de los entes naturales. En efecto, las causas material y formal se refieren a su *composición* y *modo de ser*, la causa eficiente a su *dinamismo*, y la causa final a su *direccionalidad*. Nuestras preguntas acerca de la naturaleza responden a aspectos de estos cuatro tipos de causas.

La ciencia experimental proporciona amplios conocimientos acerca de la *composición* de la materia, tanto por lo que se refiere a los *elementos* componentes como a su *estructuración* en sistemas. También acerca de la *actividad* de la materia, a través de las leyes que rigen los procesos. Y acerca de la *direccionalidad* de las entidades y procesos, en su doble aspecto de *tendencias* y de *cooperatividad*. Se trata, por tanto, de conocimientos que se refieren a las cuatro causas aristotélicas. En este sentido, es indudable que las ciencias alcanzan *explicaciones* auténticas acerca de los fenómenos naturales y que, en consecuencia, manifiestan la *inteligibilidad* de la naturaleza, alcanzando dimensiones que permanecen inaccesibles para el conocimiento ordinario. Por su parte, la reflexión filosófica examina temáticamente esa causalidad, determinando el concepto de causa, los distintos tipos de causas, y las modalidades de su actuación.

14. Condiciones materiales y determinaciones formales

Los conceptos de materia y forma han sido empleados desde la antigüedad, sobre todo por Aristóteles, para expresar el modo de ser de lo natural. Vamos a examinarlos a la luz de la cosmovisión actual.

14.1. *Dimensiones de tipo material en la naturaleza*

Consideraremos, en primer lugar, las dimensiones de tipo material, el concepto de materia y las características de lo material.

a) *Extensión, duración y mutabilidad*

Son dimensiones materiales las propias de la estructuración espacio-temporal; por tanto, la *extensión*, que constituye la base de la estructuración espacial; la *duración*, que constituye la base de la estructuración temporal; y el *movimiento*, que relaciona lo espacial y lo temporal [2]. Nos referiremos ahora a estas tres nociones, considerándolas como las condiciones fundamentales de la la materia.

En primer lugar, todo lo material posee una *extensión* y, por tanto, una *magnitud*. Podemos imaginar puntos materiales, y se trata de un recurso utilizado ampliamente en las ciencias; pero en la naturaleza no existen puntos inextensos: todos los seres materiales poseen una extensión y una magnitud. En consecuencia, lo material es *divisible*; puede ser dividido indefinidamente, y las partes que se obtengan nunca serán inextensas (en la práctica, esa divisibilidad tropieza con límites físicos, que se van desplazando hacia distancias cada vez menores). Es importante señalar, por otra parte, que *los diferentes modos de ser de lo natural se encuentran asociados a magnitudes típicas*: los átomos, las moléculas, las macromoéculas biológicas, las células y los organismos poseen una magnitud determinada o, al menos, su magnitud se encuentra dentro de ciertos límites fuera de los cuales no pueden existir las respectivas entidades. Además, en los sistemas unitarios existe una *continuidad* entre sus partes: aunque puedan contener «incrustaciones», existe una continuidad mínima que es necesaria para la existencia del sistema.

En segundo lugar, lo material implica *duración*, o sea, una extensión o dispersión temporal. Pueden aplicarse a este caso, con los oportunos cambios, las reflexiones anteriores acerca de la extensión espacial. En concreto, los procesos naturales tienen una duración y, por tanto, una *magnitud* temporal. Son *divisibles* en partes, aunque *los procesos unitarios se encuentran asociados a duraciones típicas*, y en ellos existe una *continuidad*; son procesos que se desarrollan desde un término inicial a uno final de acuerdo con tendencias naturales, y dependen de pautas temporales definidas.

En tercer lugar, la materialidad implica *movimiento*. Cualquier ser material puede cambiar y, ordinariamente, se encuentra sometido a continuos cambios, aunque a veces resulten casi imperceptibles; y no sólo puede cambiar en aspectos accidentales: puede cambiar también substancialmente, si desaparecen las condiciones necesarias para su existencia. Todo lo natural está sometido al devenir. Por este motivo, siempre se ha considerado la *mutabilidad* como característica fundamental de los seres materiales. Los conocimientos actuales ilustran esa mutabilidad; sabemos, en efecto, que en todas las entidades, incluidas las más estables, se dan continuos cambios, por lo menos en el nivel microfísico.

2. ARISTÓTELES afirmó que “la ciencia de la naturaleza trata sobre las extensiones, el movimiento y el tiempo”: *Física*, III, 4, 202 b 30-31.

b) *El concepto de materia*

Precisaremos ahora los significados del concepto de materia. Las aclaraciones terminológicas, en este caso, resultan decisivas. En efecto, muchas dificultades en torno al concepto de materia pueden evitarse distinguiendo dos sentidos diferentes, que responden a su uso adjetivo y substantivo.

En sentido *adjetivo*, algo es «material» si posee dimensiones materiales: extensión, duración y mutabilidad (y las demás dimensiones relacionadas con éstas). A un modo de ser de ese tipo se le puede designar como «material», y el conjunto de las condiciones que lo constituyen es la «materialidad».

Sin embargo, tanto en la vida ordinaria como en la filosofía, es frecuente hablar de «la materia» como substantivo. Pero ese modo de hablar fácilmente induce a confusiones. En efecto, no existen seres que consistan solamente en una colección de dimensiones materiales, porque esas dimensiones no tienen una existencia propia: son dimensiones materiales de sujetos que poseen modos de ser específicos, que no se reducen a esas condiciones. Cuando se habla de «la materia» parece indicarse, en cambio, que se trata de un ser o varios seres concretos; pero esos seres son aquéllos de los que puede predicarse el adjetivo «material»: son los seres materiales.

Intentamos subrayar, en definitiva, que la materialidad no posee un ser propio. Dicho con otras palabras: *no existe ningún ser puramente material*. Cuando hablamos de seres materiales, no deberíamos pensar que se reducen completamente a las condiciones materiales: esa reducción es imposible, porque esas condiciones no pueden substancializarse, no pueden existir de modo independiente. La extensión, la duración, la mutabilidad y las demás condiciones que se relacionan con ellas, sólo pueden existir como aspectos del modo de ser. Las entidades naturales poseen modos de ser que incluyen esas condiciones, pero no se reducen a ellas.

Señalaremos ahora algunos equívocos que provoca el concepto de materia en las ciencias y en la filosofía[3].

En las ciencias, la materia designa, en ocasiones, el conjunto de los seres que estudian las ciencias físico-químicas; se exceptúan entonces los vivientes que, no obstante, son seres materiales. Por otra parte, cuando los físicos hablan de materia se refieren, por lo general, a las partículas subatómicas: se opone «materia» a «energía»; de modo poco feliz, se habla de la «materialización de la energía» para designar procesos relacionados con la equivalencia entre masa y energía, dando la impresión de que la energía no es algo material (lo cual es un sinsentido). En otros

3. Se encuentra una colección de estudios sobre la evolución del concepto científico y filosófico de materia en: E. McMullin (editor), *The Concept of Matter*, University of Notre Dame Press, Notre Dame (Indiana) 1963.

casos, se usan los conceptos de «masa» y «materia» como si fuesen casi equivalentes; esta confusión arranca del mismo Newton, quien definió la masa como «cantidad de materia»: se trata de una definición desafortunada, que ha subsistido durante siglos y todavía se encuentra en libros de texto, gracias a que, de hecho, no se aplica a ningún problema propiamente científico. En nuestra época, se ha hablado de una creciente «desmaterialización» de la ciencia, para subrayar la importancia creciente que tienen en la ciencia contemporánea las explicaciones basadas en fuerzas, campos de fuerzas y energía. En definitiva, si se desea delimitar qué dicen las ciencias acerca de «la materia», resulta imprescindible precisar los diferentes usos de ese concepto y advertir los equívocos a los que de hecho se presta.

En el ámbito filosófico, el concepto de materia conduce, con frecuencia, a equívocos aún mayores, porque se le suele atribuir un significado que depende del mecanicismo cartesiano: se identifica la materia, por una parte, con las condiciones materiales y, además, con las substancias naturales; se despoja, por tanto, a lo natural de su dinamismo propio. Esa materia empobrecida viene a ser un sujeto pasivo e inerte, que se reduce a pura exterioridad: ésta es la idea que el mecanicismo propone para las substancias naturales. A pesar de las críticas de que ha sido objeto el mecanicismo, la idea mecanicista de materia ha constitudo el trasfondo de muchos planteamientos filosóficos cuyo impacto se deja sentir todavía en la actualidad; la idea de «materia» suele utilizarse como sinónimo de «materia inerte», carente de dinamismo propio: y esa materia completamente inerte no existe.

c) *Materia primera y segunda*

El término «materia» se relaciona en su etimología latina con la madre («mater»), que proporciona los elementos a partir de los cuales se forma un nuevo ser. En la filosofía aristotélica, el concepto de materia significa, en general, *aquello de lo cual algo está hecho*. Corresponde a la idea del «material» o los «componentes» de que algo consta o con los que algo se fabrica. Y se suelen distinguir la «materia primera» y la «materia segunda».

En concreto, se habla de *materia primera* (o «materia prima») para designar un substrato común a todos los cuerpos, que permanece incluso en los cambios substanciales; y de *materia segunda* para designar las substancias naturales, que vienen a ser el substrato que permanece a través de los cambios accidentales. Vamos a analizar qué sentido se puede atribuir a estos conceptos a la luz de nuestra conceptualización de lo natural.

Si los cambios que se dan en la naturaleza son verdaderos cambios, y no una sucesión de creaciones y aniquilaciones, *para explicar los cambios debe admitirse que en todos ellos existe un substrato permanente* que inicialmente carece de la forma que luego adquiere mediante el cambio. Para determinar en qué consiste ese substrato, hay que distinguir dos casos: el cambio accidental y el substancial. En el *cambio accidental*, una substancia adquiere determinaciones accidentales,

llega a ser esto o aquello; *el substrato que permanece es la substancia* (no cambia su modo de ser esencial, pero cambia accidentalmente): en cuanto sujeto de cambios accidentales, la substancia se denomina *materia segunda*. En el *cambio substancial*, se produce una nueva substancia; ese cambio supone cambios accidentales (de configuración, aumento, sustracción, composición y alteración), pero a través de ellos se produce un nuevo ser: también aquí debe existir un substrato porque hay continuidad entre el punto de partida y de llegada, y si no hubiera un substrato común a ambos, no existiría una transformación sino una sucesión de aniquilaciones y creaciones. Por analogía a lo que sucede en el cambio accidental, al *substrato de los cambios substanciales se le llama materia prima*. Ese substrato se conoce por analogía: se relaciona con la substancia como el bronce con la estatua, la madera con la cama, el material informe con la cosa formada[4].

El concepto de «materia prima» es difícil. Citaremos tres lugares donde Aristóteles lo precisa[5].

En el primero afirma: "llamo, en efecto, materia al primer sujeto de cada cosa y cada ser, a partir del cual, como de un elemento constitutivo, se hace o viene a ser algo, y no de manera accidental"[6]. Se trata, pues, de un factor esencial de la constitución de las substancias. Esta definición resulta del análisis del cambio; en este contexto, *la materia es el sustrato último del cambio*. Pero, ¿cuáles son sus características?

Aristóteles se refiere a ellas cuando dice: "entiendo por materia lo que de suyo no es ni algo ni cantidad ni ninguna otra cosa de las que determinan al ente. Pues es algo de lo que se predica cada una de estas cosas, y cuyo ser es diverso del de cada una de las categorías (pues todas las demás cosas se predican de la sustancia, y ésta, de la materia); de suerte que lo último no es, de suyo, ni algo ni cuanto ni ninguna otra cosa; ni tampoco sus negaciones, pues también éstas serán accidentales"[7]. Esta definición se refiere a la predicación, y advierte que *la materia es un sujeto indeterminado al que no pueden atribuirse determinaciones concretas*.

Por fin, Aristóteles subraya que *la materia prima es el sujeto último del que se componen las cosas*: "cuando decimos de algo no que es 'tal-cosa' sino 'de tal-cosa'..... por ejemplo, la caja no es de tierra ni tierra, sino de madera..... Pero, si hay algo primero, de lo que ya no se dice, con referencia a otro, que es de-tal-cosa, esto será la materia primera"[8].

En definitiva, la materia prima aristotélica se presenta como un *substrato último* relacionado con la composición de los cuerpos y con el cambio substancial.

4. Cfr. Aristóteles, *Física*, I, 7.
5. Aristóteles alude a la materia primera en otros lugares: cfr. *Física*, IV, 9, 217 a 23; *Acerca del cielo*, III, 6 y 7; *Acerca de la generación y la corrupción*, I, 3, 317 b 16, 23, y II, 4; *Acerca del alma*, II, 1, 412 a 7, 9.
6. Aristóteles, *Física*, I, 9, 192 a 31-33.
7. Aristóteles, *Metafísica*, VII, 3, 1029 a 20-26.
8. Aristóteles, *Metafísica*, II, 7, 1049 a 18-26.

Es concebido por analogía con el substrato de los cambios accidentales. No posee determinaciones propias. A todo ello se añade que tiene un carácter potencial: es *pura potencialidad*, precisamente porque carece de determinaciones y puede ser sujeto de diferentes actos. ¿Qué sentido puede tener esta doctrina a la luz de nuestra conceptualización de lo natural?

Es posible interpretar la materia primera como equivalente a *la materialidad* de los cuerpos[9]. En efecto, no es un componente físico determinado, sino que expresa el carácter básico que tienen en común todos los entes materiales.

La noción de «materialidad» expresa que los cuerpos son entes materiales, y por tanto, que tienen las características que se atribuyen a la materia en general: extensión, divisibilidad, localización, duración, mutabilidad tanto accidental como substancial. Sin embargo, los cuerpos tienen esas características en cuanto son cuerpos reales, que tienen determinaciones actuales; la materialidad pura no existe aislada: sólo existen entidades que tienen un ser realizado en *condiciones materiales*.

De acuerdo con esta interpretación, *la materia prima designa las «condiciones materiales» en las cuales existen los seres naturales*. Desde luego, esas condiciones se refieren a características concretas, pero la «materialidad» designa simplemente el modo de ser de lo que existe en ese tipo de condiciones[10]. Vista bajo esta perspectiva, aunque la materia prima suponga un uso substantivo del concepto de materia, su contenido se refiere principalmente al uso adjetivo.

Por consiguiente, *al hablar de la materia prima nos referimos a un modo de ser*. Se trata de un modo de ser común a todos los entes naturales. Contempladas bajo esta perspectiva, las afirmaciones aristotélicas acerca de la materia prima tienen un sentido claro: la materialidad es un modo de ser que pertenece esencialmente a los entes naturales (aspecto constitutivo); es el ámbito en el que se producen las transformaciones materiales (substrato de los cambios substanciales); se refiere a las condiciones materiales de modo general, no a modos de ser específicos (es substrato indeterminado); y los entes materiales pueden transformarse, en principio, en cualquier otra cosa material (potencialidad pura).

Como ya queda dicho, la noción de «materia segunda» se refiere al substrato de los cambios accidentales, o sea, a la substancia. Esto no significa, en modo alguno, que ese sujeto sea inmutable. Por el contrario, los accidentes son determi-

9. Ha propuesto una interpretación semejante Juan Enrique Bolzán, quien concluye que "parece más adecuado hablar no de una «materia» —como sustantivo, tal como si ella fuera uno de los constituyentes del ente— sino de su *materialidad* cual una de sus notas": J. E. BOLZÁN, "Cuerpo, materia, materialidad", *Filosofia oggi*, 14 (1991), p. 516.

10. Esta interpretación coincide con la propuesta por Jesús de Garay cuando afirma que "la materia simplemente es la relación de unas determinadas condiciones llamadas materiales respecto a la forma, ya que esas condiciones en cuanto tales, también son formales": J. DE GARAY, *Los sentidos de la forma en Aristóteles*, EUNSA, Pamplona 1987, p. 219.

naciones del sujeto y por tanto, cuando se da un cambio accidental, el sujeto cambia; pero no cambia esencialmente su modo de ser, no se transforma en otro tipo de substancia: cambia accidentalmente. *En los cambios accidentales la substancia cambia, pero sólo accidentalmente*.

Esta afirmación es importante porque se refiere a un problema que ha conducido a malentendidos. En efecto, parecería que si se afirma la existencia de un substrato substancial en los cambios accidentales, debería suponerse que ese substrato sea inmutable (porque permanece a través del cambio). Y, sobre esa base, se llega fácilmente a conclusiones que vacían de contenido la noción de substancia: o bien se afirma que la substancia es sólo una categoría mental que no responde a la realidad, porque sólo una idea puede tener una permanencia absoluta y ser inmutable, o bien se niega simplemente la validez del concepto de substancia.

Por otra parte, la «materia segunda» es una substancia natural, una entidad que posee un modo de ser y unas virtualidades específicas que no se reducen a las condiciones materiales. Ya hemos advertido que *no existen substancias puramente materiales*, porque la materialidad no es un modo de ser completo: sólo expresa algunas dimensiones del modo de ser de lo natural.

Se trata también de una afirmación importante, que podría chocar si se conceptualiza la realidad dividiéndola en dos compartimentos completos en sí mismos y que se excluyen: la materia concebida de modo cartesiano, o sea, reducida a las condiciones materiales, y el espíritu concebido como un sujeto que sólo podría actuar sobre la materia «desde fuera». Desde luego, si la materia se reduce a pura exterioridad, el espíritu sólo podría actuar sobre ella exteriormente, porque no habría otra posibilidad: en ese caso, la acción de Dios no afectaría a la interioridad de lo natural (porque no existiría esa interioridad), y la acción del alma humana sobre el cuerpo sería semejante a la del jinete o el timonel que sólo puede actuar y dirigir de un modo externo. Esta perspectiva conduce a serias dificultades en la antropología y en la teología natural.

También resulta poco satisfactoria en filosofía de la naturaleza, porque despoja a las substancias naturales de las dimensiones relacionadas con su interioridad: parecería que atribuirles una interioridad significaría caer en alguna forma de panpsiquismo o panteísmo, porque la interioridad sería un atributo exclusivo del espíritu. Pero, en ese caso, deberíamos olvidar que los seres naturales poseen un dinamismo propio; que, de modo enigmático pero real, «conocen» su propio modo de ser y el de otros seres, y «saben» cómo comportarse en cada circunstancia; que son sujetos de tendencias; que esas tendencias tienen a veces un carácter cooperativo y hacen posible la existencia de procesos morfogenéticos en los que se producen nuevos modos de ser; que en muchos seres naturales existe una «información» almacenada, que se despliega a través de procesos unitarios muy complejos y sofisticados. En definitiva, deberíamos olvidar una parte muy importante, quizá la principal, del modo de ser de lo natural.

d) *Características de lo material*

Nos referiremos ahora a algunas características de la naturaleza y de nuestro conocimiento de ella que se encuentran estrechamente relacionadas con la materialidad.

En primer lugar, las condiciones materiales se relacionan con la *potencialidad*, porque todo lo material es mutable: puede transformarse no sólo accidentalmente sino también substancialmente. En este sentido, se afirma que *la materia es principio de pasividad*, porque implica la posibilidad de recibir determinaciones nuevas. Aristóteles afirma que "la materia en cuanto materia es pasiva"[11], y que las cosas materiales "si tienen un principio de movimiento, es un principio no de moverse o de actuar, sino de pasividad"[12]. Sin embargo, esto no se opone al reconocimiento del dinamismo propio en los seres naturales. Basta advertir que la afirmación anterior se refiere a "la materia en cuanto materia", o sea, a las condiciones materiales consideradas con independencia de la interioridad. Se refieren a una consideración genérica de la materialidad, no al modo de ser completo de los seres naturales.

En segundo lugar, suele afirmarse que *la materia es el principio de individuación en las substancias naturales*. Esto parece problemático porque la individualidad es determinación y concreción; por tanto, parece oponerse a la indeterminación y a la potencialidad. Sin embargo, cuando se habla de la materia como «principio de individuación», se habla de la *individualidad numérica* de los *seres naturales*. Cada substancia tiene su modo de ser propio, pero cualquier modo de ser natural es, en principio, repetible en diferentes individuos: responde a un «tipo» genérico. En este sentido, un mismo «tipo» existe individualizado en seres que poseen unas dimensiones materiales concretadas en el espacio y en el tiempo: aunque el «tipo» (las determinaciones del modo de ser) sean lo que caracteriza a un individuo, las determinaciones materiales concretas explican que el mismo tipo pueda existir en individuos numéricamente diferentes. Por eso, al hablar de la materia como principio de individuación, suele añadirse que se trata de la «materia señalada por la cantidad» (*materia quantitate signata*). Así se subraya que no se trata de las condiciones materiales indeterminadas, sino determinadas en una cantidad concretada espacial y temporalmente.

En tercer lugar, se dice, y se comprende fácilmente, que *la materialidad implica contingencia*, o sea, falta de necesidad. Por una parte, porque lo material es cambiante y, de hecho, está sometido a circunstancias que pueden provocar cambios. Y por otra, porque esa mutabilidad se extiende incluso a la esencia de los seres materiales, que pueden dejar de ser lo que son y transformarse en otros seres diferentes. En la perspectiva aristotélica, la individuación material también repre-

11. ARISTÓTELES, *Acerca de la generación y la corrupción*, I, 7, 324 b 18.
12. ARISTÓTELES, *Física*, VIII, 4, 255 b 30-31.

senta, sin embargo, un camino que permite a los seres materiales imitar a los incorruptibles, porque un mismo modo de ser puede perpetuarse a través de la multiplicación numérica. Los vivientes, mediante la generación, transmiten su modo de ser a otros individuos y, de este modo, se perpetúa la especie aunque perezcan los individuos. Bajo otra perspectiva, se suele afirmar que *la materia implica necesidad*; pero esta necesidad no se opone a la contingencia que acabamos de examinar. Significa *determinación en el modo de obrar, ausencia de libertad*. No nos detendremos ahora en los problemas del indeterminismo: cualquiera que sea su solución, es evidente que la autoconciencia y la libertad suponen un modo de ser que trasciende las condiciones materiales.

En cuarto lugar, *la materialidad se relaciona con la existencia del azar en la naturaleza*. En efecto, fácilmente se dan cambios en las condiciones materiales, y así se introduce un cierto azar que se opone a la regularidad perfecta. La experiencia muestra que nuestras posibilidades de actuación se encuentran limitadas por las continuas variaciones de las condiciones materiales.

En quinto lugar, *la materialidad implica, de una parte, la existencia de límites en nuestro conocimiento, y de otra, la posibilidad de un conocimiento mensurable y controlado*. En el primer sentido, Aristóteles afirma que "la materia en cuanto tal es incognoscible" [13]. En efecto, algo se conoce a través de su actividad; incluso las propiedades que parecen pasivas, como el color, responden a interacciones: el color se percibe gracias a la reflexión de la luz sobre los cuerpos. La materialidad expresa unas condiciones exteriores, prescindiendo del dinamismo y de la actividad; esas condiciones no se conocen por sí mismas, sino mediante la actividad que se despliega a través de ellas. Además, aunque la exterioridad haga posible el conocimiento sensible (y por tanto, todo nuestro conocimiento), también impone límites: sólo conocemos inmediatamente aquellos aspectos de la naturaleza que son accesibles a los órganos de nuestros sentidos; para conocer los demás aspectos, debemos recurrir a procedimientos indirectos.

Sin embargo, la materialidad tiene también un sentido positivo en nuestro conocimiento de la naturaleza, porque hace posible el estudio cuantitativo y experimental que se encuentra en la base de las ciencias. En efecto, la materialidad proporciona la base para la numeración y el estudio matemático de la naturaleza. Se refiere a dimensiones que tienen una magnitud espacio-temporal y que, por tanto, pueden dividirse, sumarse, someterse a cálculo. Podemos estudiar matemáticamente los aspectos materiales de la naturaleza y, en cambio, los aspectos cualitativos no pueden ser tratados directamente de este modo: sólo pueden estudiarse de modo matemático indirectamente, en la medida en que se relacionan con lo cuantitativo.

La materialidad hace posible, además, la experimentación. Lo material puede ser estudiado mediante experimentos, porque su comportamiento se manifies-

13. ARISTÓTELES, *Metafísica*, VII, 10, 1036 a 8-9.

ta a través de una actividad regular, no libre. Los experimentos científicos deben ser repetibles, de modo que podamos estudiar cómo cambian algunos aspectos de los fenómenos en función de los cambios de otros, en condiciones controladas. Obviamente, los aspectos relacionados con el espíritu y la libertad no se pueden estudiar con este método, que se aplica, en cambio, a lo material.

Las consideraciones recién expuestas permiten comprender por qué se puede utilizar el método matemático y experimental para estudiar los aspectos de la naturaleza que se relacionan con la materialidad, y por qué ese método no puede utilizarse para estudiar otros aspectos que, en cambio, son accesibles a la reflexión filosófica.

14.2. *Dimensiones de tipo formal*

Analizaremos ahora las dimensiones formales y los significados del concepto de forma. Teniendo en cuenta la estrecha relación que existe entre lo material y lo formal, este análisis corresponderá en gran parte al realizado a propósito de lo material y lo completará: materia y forma son, en los entes materiales, como dos caras de la misma moneda.

a) *Configuración, consistencia y sinergía*

La extensión espacial, la duración temporal y el movimiento son dimensiones materiales que se refieren a la distensión exterior, a la multiplicidad de componentes. Las dimensiones formales, en cambio, se refieren a la coherencia interior, a la unidad: la *configuración* refleja la unidad espacial de los componentes, la *consistencia* se relaciona con el mantenimiento de la unidad a través de los procesos temporales, y la *sinergía* expresa la cooperatividad de los diferentes componentes y procesos. Analizaremos ahora estas tres dimensiones formales básicas.

La *configuración* es estructuración espacial; se define como la disposición de las partes que componen una cosa y le dan su figura propia. Los entes naturales son extensos, pero sus partes no se distribuyen al azar: se disponen en configuraciones características. En los sistemas unitarios, la configuración responde a pautas espaciales típicas que se repiten en los diferentes sistemas individuales. La configuración (dimensión formal) corresponde a la extensión (dimensión material) y se complementa con ella: si sólo existiera extensión, lo natural se reduciría a una multiplicidad inconexa de partes distendidas en el espacio; pero lo natural se encuentra estructurado de acuerdo con pautas espaciales. Nuestro conocimiento visual depende completamente del reconocimiento de esas pautas; la ciencia experimental supone su existencia y la confirma: busca conocer pautas espaciales inaccesibles a la experiencia ordinaria, y en muchos casos lo consigue.

La *consistencia* se relaciona con la duración temporal; se define como duración estable. La estabilidad de los sistemas naturales depende de la conexión entre sus partes: si esa conexión es débil, la estabilidad será efímera. La consistencia (dimensión formal) corresponde a la duración (dimensión material). En la naturaleza no existe una consistencia absoluta: todo está sometido al desgaste, a interacciones, a división. La estabilidad responde a una cohesión interior que se mantiene a través de las interacciones. Los vivientes poseen una organización que les capacita para provocar activamente las condiciones que favorecen su estabilidad.

La *sinergía* se refiere a la organización espacio-temporal. Significa cooperación. La organización de los sistemas naturales depende de la cooperación de los componentes en una unidad funcional. La sinergía (dimensión formal) corresponde al movimiento (dimensión material); expresa la unidad de los diferentes movimientos que tienen lugar en un sistema. La unidad de los sistemas es tanto más fuerte cuanto mayor es la cooperatividad de sus partes componentes y de los procesos que en ellos se despliegan.

b) *Significados del concepto de forma*

Lo formal y lo material son correlativos; por este motivo podemos distinguir el uso adjetivo y el substantivo de la forma, al igual que lo hicimos en el caso de la materia, y en el mismo sentido. Existe, sin embargo, una diferencia importante: en el ámbito de la naturaleza material, lo formal siempre existe en condiciones materiales, pero nada impide que puedan existir seres que carezcan de materia, o sea, seres espirituales. Los dos casos son, pues, asimétricos: es imposible que existan seres cuyo modo de ser se reduzca a pura materialidad, pero es posible que existan seres espirituales, cuyo modo de ser no incluya condiciones materiales. Evidentemente, no nos ocuparemos de esos seres, porque lo natural es material; pero deberemos referirnos a la espiritualidad humana: la persona humana pertenece a la naturaleza pero, al mismo tiempo, la trasciende.

Así como la «materialidad» expresa que algo existe en condiciones materiales, o sea, que es algo «material» (uso adjetivo del concepto de «materia»), de modo semejante la «formalidad» se refiere a las *determinaciones peculiares del modo de ser*: ser átomo, proteína, planta, animal, blanco, buen conductor eléctrico, etc.

En los entes naturales, esas determinaciones no existen fuera de las condiciones materiales. No subsisten de modo independiente, ni se unen a la materialidad de modo exterior: lo formal y lo material se encuentran interpenetrados, entrelazados, formando una realidad unitaria. No se trata de una simple yuxtaposición de dos realidades completas y diferentes. *Sólo existe una realidad completa que subsiste con un ser propio: la substancia individual, que posee determinaciones formales que existen en condiciones materiales.*

Desde luego, cuando se estudia el modo de ser humano, resulta necesario introducir ulteriores aclaraciones que permitan reflejar las peculiaridades de la persona y de sus dimensiones espirituales.

Ya hemos aludido a la asimetría entre lo material y lo formal en un caso concreto (el de los seres espirituales). Pero esa asimetría es mucho más amplia. Ello se debe a que, mientras las *condiciones* materiales son genéricas y en cierto modo comunes a todos los seres naturales (extensión, duración, movimiento), las *determinaciones* formales son particulares y específicas. Las determinaciones formales esenciales son diferentes en cada tipo de seres, y las accidentales también expresan distintos modos de ser. Por este motivo utilizamos incluso términos diferentes en ambos casos: hablamos de *condiciones* en el caso de lo material, y de *determinaciones* en el ámbito formal.

Es importante subrayar que *las formas substanciales y accidentales de los entes materiales no son entes completos, no poseen una subsistencia propia*, no son sujetos en sentido estricto; si se tiene esto presente, no hay inconveniente en hablar de «la forma» o «las formas» en sentido substantivo. Pero conviene no olvidar que el lenguaje substantivo fácilmente conduce a olvidar el verdadero significado de las formas. Las críticas que se han dirigido durante siglos al concepto de forma (desde Descartes) se basan, en gran parte, en los equívocos que intentamos evitar: se piensa equivocadamente que las formas de los seres materiales denotan entidades o partes de entidades. Por estos motivos, parece preferible utilizar, siempre que sea posible, un lenguaje que evite el peligro de substancializar las formas.

c) *Forma substancial y accidental*

El concepto de forma ocupa un lugar central en la filosofía aristotélica[14]. El término «forma» suele referirse a la apariencia exterior de una cosa, y se relaciona con su «figura»; este sentido de la forma corresponde a una de las especies del accidente «cualidad». Pero tiene también un sentido mucho más amplio, ya que designa *cualquier determinación de los modos de ser*: si se trata de un modo de ser substancial, se habla de «forma substancial», y si se trata de accidentes, de «forma accidental».

En el nivel físico, la forma es correlativa a a materia, ya que es lo que la determina; por consiguiente, a los diferentes tipos de materia corresponden diferentes tipos de forma. En concreto, a la «materia primera» le corresponde la «forma substancial», y a la «materia segunda» las «formas accidentales» (en plural, porque una misma substancia posee diferentes determinaciones accidentales).

14. Se encuentra un buen estudio de esta cuestión en la obra ya citada de Jesús DE GARAY, *Los sentidos de la forma en Aristóteles*.

En la filosofía aristotélica, se afirma que *la forma substancial es acto esencial de las especies naturales*. Las substancias materiales poseen una *esencia* o modo de ser fundamental que diferencia los distintos tipos de substancias (perro, acacia, agua, etc.). Esas esencias no son simples, sino compuestas: existen en condiciones materiales (materia primera), e incluyen las perfecciones que determinan el modo de ser específico (forma substancial). *Materia y forma no son entes completos ni partes físicas; son principios, que se comportan como potencia y acto: la materia prima es el principio potencial e indeterminado, y la forma substancial es el principio actual y determinante*.

La forma substancial se refiere al modo de ser unitario de la substancia y al conjunto de posibilidades de actuar que corresponden al modo de ser. Es acto, energía, naturaleza activa.

Al mismo tiempo, y precisamente porque expresa el modo de ser específico, la forma substancial corresponde al concepto y a la definición de la substancia: a la idea que expresa el modo de ser específico de cada substancia. De hecho, Aristóteles utiliza dos términos diferentes para referirse a la forma: «morfé» (forma) y «eidos» (idea). Aunque en una primera aproximación existe una clara correspondencia entre los significados de estos dos términos, no son idénticos. No nos detendremos aquí en este problema exegético que concierne a la interpretación precisa del pensamiento aristotélico. Para nuestro propósito, basta advertir que *la forma substancial es un principio real, el principio determinante de la esencia de las substancias materiales*; que *materia y forma son co-principios de la esencia, como principio potencial y actual respectivamente*; y que la idea o definición de una esencia deberá incluir una referencia a ambos co-principios.

En la perspectiva aristotélica, la forma substancial viene a ser la «responsable» de la estructuración unitaria de las substancias, de su modo de obrar, de sus tendencias.

Es importante advertir que *la forma substancial sólo se da en los entes naturales (que son substancias)*. Una agregación no posee una unidad esencial, un modo de ser unitario, y por tanto no posee forma substancial. Tampoco la poseen los artefactos, cuya unidad responde a un proyecto externo, a una idea humana: a menos que, a través de procesos artificiales, se produzca una auténtica substancia. La forma substancial aristotélica corresponde a un aspecto central de la realidad: el *modo de ser característico de cada tipo de substancias*.

La expresión «forma accidental» se utiliza para designar cualquier determinación accidental. Por tanto, todo accidente puede ser denominado «forma accidental». En este caso, también existe el peligro de «cosificar» los accidentes, y ese peligro se encuentra relacionado, de nuevo, con el uso substantivo de los términos respectivos, cuando se habla de «la cantidad», «las cualidades», etc., como si fuesen sujetos o entidades.

Los accidentes son determinaciones de un sujeto substancial, de una substancia individual. Ese sujeto es extenso, es divisible, es blando, posee todo un

conjunto de cualidades. No tendría sentido substancializar o cosificar los accidentes. El uso de una terminología apropiada puede ayudar a evitar ese peligro.

Las formas accidentales se comportan como acto con relación a la substancia, que está en potencia respecto a ellas. Son determinaciones, modos accidentales de ser, y por tanto, se refieren a ser en acto. La substancia, siendo un sujeto actual, está en potencia con respecto a las diferentes formas accidentales, que pueden cambiar sin que varíe el modo de ser esencial de la substancia. Así como la forma substancial es acto de la materia primera, las formas accidentales son acto de la materia segunda (o substancia).

d) *Características de las formas*

Examinaremos ahora algunas características de la naturaleza que corresponden al concepto de forma.

En primer lugar, *la forma se relaciona con el ser*. Hemos subrayado que *las formas no son entes completos*. En la terminología clásica se habla de un *ens quod* o *ente que* (en plural, *entia quibus*) para designar a los entes o sujetos propiamente dichos, y de *ens quo* o *ente por el cual* (en plural, *entia quibus*) para designar los principios del ente, que no son entes ni sujetos. De acuerdo con esta terminología, la forma es un *ens quo*, o sea, un ente por el cual algo es o tiene ser o tiene un determinado modo de ser. Esta terminología sigue siendo substantiva, ya que se habla de las formas como «entes»; pero subraya expresamente que se trata de entes en un sentido especial: no son entes completos, sino determinaciones del ente. En definitiva, importa subrayar que las formas no existen por cuenta propia. Lo que existe son las substancias individuales, que poseen un modo de ser específicamente determinado (forma substancial) que se realiza en condiciones materiales (materia prima).

En cuanto las formas son determinaciones del modo de ser, se puede decir que los entes tienen ser «a través de» las formas. El dicho clásico «la forma da el ser» (*forma dat esse*) no puede entenderse como si la forma tuviese un ser propio previamente a su existencia material y, en un cierto momento, lo «comunicase» a la materia o al ente. Lo que tiene ser, actúa, se transforma, es la substancia individual. Pero hay que añadir que la forma se refiere a un ser real; podemos explicar cómo funciona una célula, pero la célula viva posee un ser real que no se reduce a nuestras explicaciones: «ser célula» es un «modo de ser», y conviene subrayar que es un modo de «ser». En este sentido, es cierto que la forma da el ser; aunque, ciertamente, hay que evitar las posibles interpretaciones substantivas o cosistas de esa expresión.

En esta misma línea, debe advertirse que, cuando se afirma que la forma es causa (la «causa formal»), esto no significa que la forma cause al modo de la causa eficiente o agente. *La causa formal es la determinación del modo de ser*. Pero se trata de una determinación real, de un modo de ser real.

En sentido propio, *las formas no se generan ni se corrompen*. La forma existe cuando comienza a existir el ente al que corresponde, y deja de existir cuando ese ente se transforma en otro diferente. Se dice que *las formas materiales se «educen» de la potencialidad de la materia*; esto significa que no poseen un ser propio independiente: se «producen» a partir de las transformaciones que tienen como substrato la materia, son el resultado de esas transformaciones. Los conocimientos actuales sobre la «auto-organización» de la materia se refieren a la producción de nuevas estructuras y patrones de actividad que surgen como consecuencia de las interacciones cooperativas de los componentes.

Advertimos, de nuevo, que estas consideraciones se refieren a las «formas materiales», o sea, a las formas de los seres naturales que incluyen condiciones materiales y no pueden existir fuera de ellas. Cuando consideramos el caso del alma humana espiritual, deben añadirse nuevas consideraciones que reflejen las dimensiones espirituales y sus implicaciones.

En segundo lugar, *la forma se relaciona con la estructura*. ¿Podría identificarse la forma con la «estructura» de los entes materiales? La estructura se relaciona con el modo de ser de los entes naturales, y es un factor en cierto modo «inmaterial», porque se refiere a la organización de los componentes. Parece posible, por tanto, relacionarla con la forma.

Sin duda, *la estructura de los entes materiales tiene estrecha relación con el concepto clásico de forma*. Y más todavía si se tiene en cuenta la caracterización de esos entes como sistemas. Según la teoría de sistemas, un sistema está caracterizado por el conjunto de interrelaciones entre sus componentes, que se encuentran integrados en una estructura unitaria. Un sistema es más que la yuxtaposición de los componentes. Posee propiedades que no se encuentran en los componentes ni resultan de la mera adición de las propiedades de los componentes. Tiene características teleológicas, ya que existen leyes estructurales que favorecen la estabilidad de determinados aspectos; esto es especialmente manifiesto en los vivientes, pero se da también en otros sistemas inorgánicos, incluso en el mundo atómico regido por leyes cuánticas. Estas características favorecen la aproximación entre las nociones de estructura y de forma.

Es conveniente, no obstante, precisar dos aspectos de esa relación. En primer lugar, cuando hablamos ahora de «estructura», nos referimos a la «organización» de un sistema, que incluye no sólo la estructura espacial (configuración) sino también las dimensiones temporales (procesos cooperativos de los componentes del sistema). En segundo lugar, esa «organización espacio-temporal» no se identifica con la «forma»; es como el «plan» al que responde el conjunto de las relaciones espaciales e interacciones que existen en el sistema: sin duda, ese plan corresponde al «modo de ser» del sistema, pero el concepto de forma se refiere directamente a ese modo de ser, y no se reduce a sus aspectos concretos.

En tercer lugar, *las formas se relacionan con los fines*. En la producción artificial, existe un «modelo» de acuerdo con el cual se construye el producto. De

modo semejante, en la naturaleza puede decirse que la forma es el modelo conforme al cual se producen los entes naturales. En la generación de los vivientes, la forma del generante es el principio de la generación, de acuerdo con pautas determinadas, y a la vez es el fin de la generación, porque se produce un ser que posee la misma forma específica del generante. En la producción de substancias no vivientes, la forma del producto es también el fin, el término hacia el cual tiende el proceso.

Por consiguiente, la forma y el fin pueden identificarse en los procesos naturales. En los vivientes, se identifican porque la forma del generante y la del generado coinciden específicamente. En los no vivientes, se identifican en cuanto la forma es la meta de las tendencias de los componentes, el término del proceso.

Es importante esta relación entre forma y fin, porque muestra que la consideración de las formas se encuentra en estrecha conexión con la de los fines. Las críticas a las formas suelen coincidir, en buena parte, con las críticas a la finalidad; y la afirmación de las formas conduce fácilmente a la afirmación de la finalidad.

En cuarto lugar, nos preguntamos *qué tipo de necesidad corresponde a las formas*. En la filosofía aristotélica, se atribuye a las esencias y, por tanto, a las formas, una cierta *necesidad* e *inmutabilidad* . Esto parece chocar con la cosmovisón actual, según la cual las entidades naturales son el resultado de procesos contingentes y, en ese sentido, no serían necesarias ni inmutables.

Estas dificultades se relacionan con la cosmovisión aristotélica, según la cual el mundo es eterno y también lo son, de algún modo, las formas; los cambios consistirían en generaciones y corrupciones individuales dirigidas por las formas y hacia las formas: surgen de las formas y se orientan a la producción de formas, y, por así decirlo, el repertorio total de formas ya está dado de una vez para siempre. Sin embargo, el núcleo fundamental del concepto de forma puede ser separado, sin dificultad, de esas ideas. De hecho, esa cosmovisión fue criticada por los pensadores cristianos de los siglos XIII y XIV, e incluso fue objeto, en esa época, de condenas por parte de autoridades eclesiásticas. Esas críticas se referían, sobre todo, a la presunta necesidad y eternidad del mundo; frente al aristotelismo, se subrayó entonces la contingencia y la finitud temporal del mundo. Pero los mismos motivos que condujeron hace siglos a afirmar la contingencia del mundo podrían aducirse ahora para afirmar la contingencia de las formas. En efecto, desde la perspectiva metafísica creacionista, no sólo el mundo en su conjunto, sino las entidades naturales concretas son contingentes. Para afirmar que las entidades naturales no se disuelven en un puro flujo de procesos y que contienen una inteligibilidad, no es necesario afirmar la eternidad de las formas. Tampoco existe una correspondencia entre la eternidad de las ideas divinas y la eternidad de las formas de las entidades naturales: se trata de dos aspectos diferentes del problema.

La cosmovisión actual subraya la contingencia de las entidades naturales, que son resultados contingentes de los procesos naturales; por tanto, subraya tam-

bién la contingencia de las formas. La eternidad y la inmutabilidad de las formas no corresponden a la cosmovisión actual. Pero tampoco son imprescindibles para admitir el significado de las formas tal como aquí se ha explicado, ni para afirmar la inteligibilidad de la naturaleza, ni para afirmar la existencia de un orden natural en el cual se da una jerarquía que culmina en la persona humana.

Ni siquiera son necesarias como base para un concepto de la naturaleza humana que permita afirmar la existencia de dimensiones morales estables. En efecto, la moral se relaciona con la existencia de dimensiones metafísicas en la persona humana, y estas dimensiones se asientan sobre unas condiciones físicas concretas. Que esas condiciones físicas estén sujetas a cambios nada dice en contra de su existencia actual. Para afirmar la existencia de las dimensiones metafísicas de la persona humana y las correspondientes dimensiones morales, no es necesario afirmar que siempre se hayan dado las condiciones físicas sobre las cuales se asientan.

15. La estructura hilemórfica

Hemos examinado la estructura hilemórfica al considerar la materia y la forma. Ahora completaremos ese examen, especialmente en lo que se refiere a la correlación entre materia y forma, y al valor del hilemorfismo.

15.1. *El hilemorfismo*

Se denomina «hilemorfismo» a la doctrina aristotélica según la cual la esencia de las substancias materiales está compuesta de materia (*hylé*) y forma (*morfé*). Obviamente, puesto que se trata de la esencia de las substancias, la materia de la que se habla es la «materia prima», y la forma es la «forma substancial».

El concepto de «materia» es utilizado por Aristóteles en diferentes contextos a lo largo de sus obras, y no tiene un significado unívoco. Tampoco existe unanimidad en cuanto a las interpretaciones de esos sentidos [15]. Por ejemplo, se han planteado dudas acerca de la autenticidad de la interpretación tradicional, según la cual existe una materia prima única, común a todos los cuerpos, substrato puramente indeterminado que entra en la composición de todos los seres materiales, e incluso se ha afirmado que esa interpretación es ajena a Aristóteles.

15. Puede verse al respecto: L. Cencillo, *«Hyle». Origen, concepto y funciones de la materia en el «Corpus Aristotelicum»*, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid 1958; H. Happ, *«Hyle». Studium zum aristotelischen Materie-Begriff*, Walter de Gruyter, Berlin-New York 1971; W. Leszl, "La materia in Aristotele", *Rivista Critica di Storia della Filosofia*, 28 (1973), pp. 243-270 y 380-401; 29 (1974), pp. 144-170.

En esta línea, Willian Charlton ha examinado los pasajes aristotélicos que pueden referirse a la materia prima, y concluye que no dan pie para la interpretación tradicional: la materia sería siempre, en Aristóteles, algo concreto y ya determinado. Afirma que la doctrina tradicional tiene su origen en el *Timeo* platónico[16]: se habría producido uniendo el lenguaje de Platón y el concepto de Aristóteles acerca del factor material, o sea, adaptando el sustrato aristotélico de modo que cumpliera la descripción platónica. Esa unión se habría dado en los estoicos, se encontraría bien establecida en la filosofía sincretista del primer siglo antes de Cristo y los primeros siglos después de Cristo, habría sido recogida por la teología cristiana ya desde San Agustín, y se habría fosilizado en el comentario de Calcidio al Timeo, que fue casi la única fuente de metafísica antigua hasta el siglo XII[17].

Desde luego, la interpretación tomista del hilemorfismo se sitúa en el marco de una metafísica creacionista. Los conceptos tomistas están tomados, en buena parte, de Aristóteles; sin embargo, en este caso como en muchos otros, lo aristotélico es interpretado dentro de una metafísica que, en algunos importantes aspectos, no es aristotélica.

Sólo aludimos a estos problemas con objeto de señalar que la interpretación del hilemorfismo aristotélico y de su desarrollo histórico no es una tarea sencilla. Por nuestra parte, hemos examinado el hilemorfismo procurando no traicionar el pensamiento de Aristóteles ni de la tradición aristotélica. Continuaremos nuestro análisis en esta misma línea, prescindiendo de la exégesis histórica.

15.2. *Correlación y unidad de lo material y lo formal*

Materia y forma son conceptos correlativos: algo es materia con respecto a una forma, y algo es forma con respecto a una materia. Se entiende que la correlación perfecta sólo afecta a los seres materiales, y que nada impide que existan seres espirituales cuya esencia consistirá en una forma sin materia[18].

Por tanto, *en el mundo físico* (entes materiales), *materia y forma se exigen mutuamente y se complementan*. No hay materia sin forma: si la hubiera, existirían unas condiciones materiales (extensión, duración, movimiento) que no afectarían a ninguna entidad, lo cual es imposible. Tampoco hay forma sin materia: un ser puramente espiritual no pertenece al nivel físico o material.

16. Cfr. PLATÓN, *Timeo*, 50 b 8 - c 3; 50 e 4-5; 51 a 4 - b 2. En esos pasajes, Platón se refiere al receptáculo que recibe todas las cosas y nunca toma ninguna forma, añadiendo que es por naturaleza la matriz de todo y es estructurado de diversas maneras por las cosas que le advienen, que se encuentra fuera de todas las formas, que es la madre de todo, invisible y sin forma, receptivo de todo.

17. Cfr. W. CHARLTON, *Aristotle's Physics Books I and II*, Clarendon Press, Oxford 1970: Appendix: "Did Aristotle Believe in Prime Matter?", pp. 129-145.

18. ARISTÓTELES afirma que "la materia es algo relativo: porque a tal forma, tal materia": *Física*, II, 2, 194 b 8-9.

Hemos subrayado que *los conceptos de materia y forma no se refieren a «cosas»*. Se puede añadir que, de algún modo, *expresan «funciones»*. Esto significa que algo «desempeña el papel de» materia con respecto a una forma, o de forma respecto a una materia. E implica que materia y forma se refieren a un determinado nivel; lo que desempeña el papel de forma en una determinada perspectiva, puede funcionar como materia bajo otra: por ejemplo, la forma substancial es forma con respecto a la materia prima, pero es como materia con respecto a las formas accidentales que la determinan en el nivel accidental. Sin embargo, existe una excepción: la materia prima, que no desempeña la función de forma en ningún caso; en cambio, las formas puras espirituales todavía son determinadas por el acto de ser (no nos detenemos en este importante aspecto, propio de la metafísica).

Por otra parte, *la correlación entre materia y forma es la que se da entre potencia y acto*. En efecto, la forma indica determinación, y por tanto acto; en cambio, la potencia significa algo indeterminado que es actualizado o determinado por la forma[19].

En definitiva, materia y forma son conceptos «correlativos», porque el uno hace referencia al otro; «funcionales», porque no expresan cosas, sino funciones; y «contextuales», porque algo puede funcionar como materia o como forma en diferentes contextos o niveles de análisis. Todo ello significa que *materia y forma constituyen una auténtica unidad: son como dos caras de la misma moneda, que corresponden a la «exterioridad» y a la «interioridad» de los seres naturales*.

Por consiguiente, *materia y forma no se unen*, como si se tratase de dos entidades o partes físicas. El modo de ser esencial se refiere a unas determinaciones formales (forma substancial) que existen en condiciones materiales (materia prima), y los modos de ser accidentales se refieren a determinaciones formales (formas accidentales) que afectan a una substancia (materia segunda); pero la substancia con sus accidentes es un todo unitario. No puede decirse, como si se tratase de partes físicas, que la materia prima, o la forma substancial, o la substancia, o los accidentes, existen por separado o se encuentran yuxtapuestos.

Se puede decir que la forma «informa» a la materia, la determina, la actualiza (nótese que, cuando utilizamos este lenguaje substantivo, debe interpretarse con los matices que hemos señalado anteriormente). De ahí que el concepto de forma se relacione con algunos rasgos del concepto actual de «información». En efecto, en su sentido actual, la información puede entenderse como el «almacenamiento» de «instrucciones» que se encuentran contenidas y se expresan mediante condiciones materiales; pero supone una dimensión añadida a esas condiciones. Esto sucede, por ejemplo, en la información genética contenida en la estructura de los genes. En este sentido, la información tiene que ver con las leyes, ya que éstas «regulan»

19. "La materia es potencia y la forma acto": ARISTÓTELES, *Acerca del alma*, II, 1, 412 a 9-10.

los procesos físicos y sus resultados, se «realizan» en esos procesos, pero no se identifican con las entidades ni con los procesos. Las instrucciones contenidas en las diferentes entidades vienen a ser «materializaciones» de las leyes.

15.3. *Materia y forma como causas*

En la filosofía aristotélica, la materia y la forma son consideradas como causas: la *causa material* y la *causa formal*[20]. Sin embargo, su acción causal no corresponde a lo que ordinariamente suele denominarse causa, que es la causa agente o eficiente: como no son entes completos, no tienen una consistencia propia y no causan como lo hace un sujeto agente que es una substancia.

Materia y forma son causas en cuanto «componentes» que constituyen lo natural: la materia prima y la forma substancial constituyen la esencia de las substancias materiales; la materia segunda y las formas accidentales constituyen la substancia con sus determinaciones. Si se entiende por «causa» aquello que influye en el ser del efecto, deberá afirmarse que *materia y forma son causas en sentido propio, porque constituyen el modo de ser de las substancias naturales*.

Por el mismo motivo, *materia y forma son causas «intrínsecas» o interiores*, porque se refieren al modo de ser. Esto en nada se opone a que la materia se relacione con la «exterioridad» de las substancias. En efecto, las condiciones materiales son intrínsecas o interiores a la substancia, pertenecen a su modo de ser propio; pero se refieren a la extensión espacial y a la duración temporal: por tanto, a la exterioridad en y a través de la cual existe y actúa la substancia[21].

El significado de la causa material y de la formal se refiere, por tanto, a la causalidad de dos «factores» que son constitutivos intrínsecos de las cosas, y que se relacionan como potencia y acto.

Aristóteles expresó la unidad y la causalidad de la materia y la forma mediante una afirmación muy explícita: “la materia última y la forma son lo mismo, aquélla en potencia y ésta en acto”[22]. Materia y forma no coexisten, no se unen, no son realidades diferentes que se encuentran relacionadas, no exigen un puente de unión, no son componentes al modo de partes físicamente separadas: *lo que posee un ser independiente es la substancia individual, cuyo modo de ser consiste en unas determinaciones formales que existen en condiciones materiales*.

20. Cfr. Aristóteles, *Física*, II, 3; *Metafísica*, V, 4.

21. “Materia es aquello de lo que algo se hace y que permanece inmanente en él”: Aristóteles, *Física*, II, 3, 194 b 24.

22. Aristóteles, *Metafísica*, VIII, 6, 1045 b 18-19.

15.4. *Valor del hilemorfismo*

Decir que materia y forma son causas reales, intrínsecas, constitutivas de la esencia de las substancias naturales, equivale a afirmar el *valor metafísico de la composición hilemórfica*. Dicho en otras palabras, esa composición no corresponde sólo a una construcción mental útil para comprender la naturaleza, sino a la realidad de las cosas, aunque materia y forma no sean entes completos.

Podría parecer que el hilemorfismo encuentra dificultades en el progreso de los conocimientos científicos acerca de la composición de la materia. Se podría pensar, en efecto, que la ciencia sustituye el hilemorfismo por explicaciones formuladas en términos de los componentes y sus configuraciones. En ese caso, el hilemorfismo respondería a una cosmovisión superada: los conocimientos científicos bastarían para explicar los fenómenos naturales, y los intentos de explicación filosófica serían inútiles.

En realidad, se trata de dos niveles de explicación que son diferentes y, al mismo tiempo, complementarios. La ciencia experimental adopta una perspectiva no sólo legítima, sino imprescindible para progresar en el conocimiento de la composición de la materia y de sus leyes. Y la perspectiva filosófica conceptualiza esos conocimientos refiriéndolos a los *modos de ser* de lo natural.

Los conocimientos actuales acerca de la composición de la materia resultan incompatibles tanto con un *mecanicismo* que despoja a la materia de dinamismo propio e interioridad, como con un *procesualismo* que no admite la existencia de sujetos estables. Más bien favorecen una imagen de la naturaleza en la cual desempeñan un lugar central las pautas, el dinamismo, la organización y la información. Esta imagen resulta plenamente coherente con el hilemorfismo.

En la naturaleza existe una gran variedad de pautas, que se repiten en diferentes condiciones materiales concretas. Actualmente se conocen bastante bien muchas pautas, tanto en el ámbito microfísico como en el macrofísico y en los vivientes. Todo ello corresponde bastante bien a la noción de forma en cuanto modo de ser que se repite en diferentes condiciones materiales individuales.

Por otra parte, en ocasiones se afirma que la energía podría ser considerada como equivalente a la materia prima tradicional: en ese caso, todo estaría constituido por energía, y las entidades materiales serían energía «concentrada». Se pretende apoyar esta idea en algunos resultados de la física, tales como la equivalencia entre masa y energía, la importancia de los «campos» de fuerzas, la transmutación de las partículas subatómicas entre sí, y la equivalencia de las diferentes formas de energía. Sin duda, estos aspectos subrayan el carácter básico de la energía. Pero la energía de que trata la física es una magnitud que se define en relación con los métodos propios de la física, y su identificación con una noción filosófica cae fuera del ámbito propio de la ciencia experimental. Se trata, sin embargo, de una idea sugerente, porque es cierto que muchos aspectos de la rea-

lidad material pueden explicarse en términos de energía; pero la materia prima, entendida como «materialidad», se refiere de modo general a las condiciones materiales, y la energía, como magnitud física, se refiere, en cambio, a características específicas de la actividad natural.

15.5. *Los grados del ser físico*

En la naturaleza existen niveles de organización cada vez mayor que, si bien se realizan en condiciones materiales, tienen dimensiones formales cada vez más acentuadas. Existen, en efecto, grados de integración estructural, integración procesual, acción cooperativa, organización, unidad, y potencialidad activa o capacidad de actuación.

Los vivientes poseen unas dimensiones formales peculiares. Existe una diferencia cualitativa indudable entre los vivientes y los no vivientes; y dentro de los vivientes, entre los diferentes grados de vida. Al ascender en la escala, se da un progreso en las dimensiones formales y, por consiguiente, un alejamiento de la pura materialidad.

Si por «inmaterialidad» se entiende ese acentuamiento de las dimensiones formales, puede decirse que *existe una escala ascendente de inmaterialidad*. Pero, en el mundo físico, esa inmaterialidad no se refiere a algo que sea independiente de las condiciones materiales.

En el caso del *alma humana* se plantea la relación entre «inmaterialidad» y «espiritualidad», debido a la existencia de dimensiones formales que trascienden los condicionamientos materiales. Y se plantea cómo es posible que un alma espiritual sea forma de un cuerpo material, o, en otras palabras, cómo es posible que las dimensiones espirituales existan en condiciones materiales. Las dificultades para conceptualizar este hecho no son pequeñas; sin embargo, no deberían llevar a negar la realidad del hecho, que corresponde a experiencias fácilmente comprobables.

Por otra parte, la existencia de dimensiones espirituales requiere, para su adecuada explicación, una causalidad que supera las posibilidades de los entes materiales. La exigencia de una causalidad trascendente no se da sólo en el caso de la espiritualidad; también se da en los niveles inferiores. Pero, en el caso de la espiritualidad, se añade un título especial: que el modo de ser propio de ese nivel es esencialmente superior a los modos de ser que dependen de las condiciones materiales.

15.6. *Racionalidad materializada*

El hilemorfismo responde a diferentes niveles explicativos que, si bien guardan cierta relación entre sí, no se identifican: el primero se refiere al *cambio*; el

segundo, a la *constitución de los cuerpos*; y el tercero, a la *multiplicidad individual*. A estos tres niveles, que se encuentran en el ámbito físico, habría que añadir un cuarto, si se considera la *relación entre el ámbito físico y el metafísico*.

En primer lugar, el hilemorfismo fue formulado para explicar *la posibilidad del cambio*. La necesidad de admitir un sustrato en todo cambio parece obvia, pues en caso contrario, habría que admitir que no existen transformaciones, sino aniquilaciones y creaciones. Se afirma, entonces, que en todo cambio existe un sujeto que se encuentra en potencia para adquirir una forma, y el cambio consiste precisamente en el proceso de actualización de esa potencialidad. El sujeto desempeña la función de materia en relación con la forma que adquiere a través del proceso: se trata de la materia prima en los cambios substanciales, y de la materia segunda en los accidentales.

En segundo lugar, el hilemorfismo se aplica a *la constitución de los cuerpos*. Los cuerpos naturales son esencialmente mudables o cambiantes y, por tanto, han de poseer la composición de materia y forma que, como se acaba de señalar, explica la posibilidad del cambio. Los diferentes modos de ser se conceptualizan como formas o determinaciones de la materia.

En tercer lugar, el hilemorfismo explica la *multiplicidad de individuos dentro de una misma especie*. Si los cuerpos están constituidos por materia y forma, la forma se refiere a lo que caracteriza a cada especie, y la materia a las condiciones concretas en las que existe ese tipo general. Se comprende de este modo que un mismo tipo de forma puede existir en individuos diferentes.

Estos tres niveles explicativos se refieren al mundo físico y se relacionan entre sí. Podemos considerar, en cuarto lugar, otro nivel que se refiere a la *relación entre el mundo físico y el metafísico*. Bajo esta perspectiva, el hilemorfismo refleja la existencia de una *gradación de perfecciones* en función de los distintos grados de inmaterialidad. Y, a la luz de una metafísica creacionista, la naturaleza aparece como la realización, a través de condiciones materiales, de un proyecto racional. La información puede ser considerada como *racionalidad materializada*, y los diferentes grados de ser, como escalones que hacen posible la existencia de una naturaleza cuya cima es un ser propiamente racional: la persona humana, que existe en condiciones materiales pero trasciende, al mismo tiempo, esas condiciones.

SEGUNDA PARTE

Capítulo VI

Dimensiones cuantitativas

El ser propio de las entidades naturales incluye condiciones materiales que se encuentran íntimamente relacionadas con la cantidad. Lo natural se encuentra distendido en las condiciones materiales, tiene cantidad: extensión en el espacio y duración en el tiempo.

Las *dimensiones cuantitativas* son las dimensiones relacionadas con la cantidad: por ejemplo, la extensión, la multiplicidad, la divisibilidad, la mensurabilidad, la numerabilidad. Vamos a considerar estas dimensiones en el presente capítulo, dejando para el capítulo siguiente la reflexión sobre los conceptos de espacio y tiempo.

16. Las propiedades y relaciones de las cosas materiales

Antes de examinar las dimensiones cuantitativas concretas, vamos a considerarlas en general, a modo de introducción, subrayando su carácter accidental, su importancia para el conocimiento de las substancias, y su conexión con las demás propiedades de las substancias.

16.1. *La manifestación de la substancia a través de sus propiedades*

Los modos de ser accidentales, que suelen denominarse simplemente «accidentes», se definen en relación con la substancia y con la esencia.

Con respecto a la substancia, que es el ente subsistente (posee «ser propio»), los accidentes no subsisten, *no poseen un ser propio*, son *determinaciones de la substancia*. Por ejemplo, ser grande, pequeño, blanco, resistente, no son entes subsistentes: son propiedades que afectan a un sujeto, a una substancia. *La substancia es el sujeto o substrato de los accidentes*.

Con respecto a la esencia, que expresa el modo de ser fundamental de una substancia (ser hombre, perro, magnolio, proteína, átomo), los accidentes *no pertenecen a la definición esencial*. Lo cual no significa, en modo alguno, que tengan poca importancia o que no se relacionen con la esencia; sin duda, algunos accidentes tienen una importancia secundaria y se relacionan lejanamente con lo esencial, pero otros, en cambio, se encuentran estrechamente referidos a la esencia y poseen una gran relevancia: ése es el caso, como veremos, de la cantidad y de algunas cualidades.

En cualquier caso, *los accidentes tienen mucha importancia en orden a conocer la substancia y la esencia*. En efecto, las substancias y sus esencias se nos manifiestan a través de los accidentes (magnitud, color, resistencia, etc.): no las conocemos directamente, sino sólo indirectamente y de modo parcial, a través de las propiedades accidentales.

Algunos accidentes son determinaciones de la substancia en sí misma, y otros expresan relaciones de una substancia con otras; por ejemplo, poseer un determinado tamaño no depende de la relación con otras substancias, pero ocupar un determinado lugar expresa una relación con los cuerpos circundantes. Tanto unos como otros manifiestan el modo de ser de la substancia.

16.2. *Lo cuantitativo y lo cualitativo*

Lo cuantitativo y lo cualitativo son dos dimensiones que se dan siempre en lo natural. Se trata de dimensiones accidentales, que no forman parte de la esencia de las substancias; sin embargo, nunca pueden faltar, tienen gran importancia para determinar el modo de ser de lo natural, y se encuentran estrechamente relacionadas.

En la clasificación aristotélica de los accidentes, la cantidad y las cualidades ocupan un lugar destacado, porque son considerados como accidentes *intrínsecos*, que se refieren directamente al modo de ser (accidental) de las substancias. En efecto, las substancias materiales siempre son extensas, y poseen cualidades que determinan su modo de ser.

a) *Lo cuantitativo*

Lo cuantitativo responde a la pregunta: «¿cuánto?». Se refiere a la *magnitud* de algo: cuánto mide, en el aspecto espacial; cuánto dura, en el temporal; cuánta velocidad posee, respecto al movimiento; cuántos individuos o componentes o aspectos existen en un sistema o en un conjunto de sistemas. Y la magnitud se relaciona con el *número*.

Todo lo natural está cuantificado, posee dimensiones cuantitativas: magnitud, extensión, número. En efecto, lo natural es material, y esto implica las dimen-

siones cuantitativas: la materialidad se caracteriza, precisamente, por su referencia a esas dimensiones.

La *estructuración espacio-temporal se refiere a la materialidad y a lo cuantitativo*: supone distensión en el espacio y en el tiempo. Por tanto, al caracterizar lo natural en función del dinamismo y la estructuración, hemos subrayado la función básica que lo material y lo cuantitativo desempeñan en orden a representar adecuadamente la naturaleza.

b) *Lo cualitativo*

Lo cualitativo responde a la pregunta: «¿cuál?», en el sentido de la «cualidad» o modo de ser de algo: cuáles son sus características, sus peculiaridades.

Lo natural posee propiedades cualitativas. En efecto, no se agota en las dimensiones cuantitativas; no es posible que lo natural se reduzca completamente a lo cuantitativo, porque las dimensiones cuantitativas no existen aisladas, no tienen un ser propio: existen solamente como aspectos de los modos de ser de lo natural.

El dinamismo se relaciona con los modos de ser: supone la existencia de unas potencialidades o capacidades de actuar que corresponden a modos específicos de ser. Por tanto, al caracterizar lo natural en función del dinamismo y la estructuración, hemos subrayado que todo lo natural posee virtualidades, modos de ser específicos de tipo cualitativo, de donde surge la actividad natural.

c) *Relación entre lo cuantitativo y lo cualitativo*

Entre lo cuantitativo y lo cualitativo existe una asimetría, semejante a la que existe entre lo material y lo formal (y por los mismos motivos): nada impide que existan seres espirituales, sin materia, que posean cualidades también espirituales (por tanto, cualidades sin cantidad); en cambio, no es posible que existan seres materiales puramente cuantitativos, sin cualidades de ningún tipo: no serían seres naturales, sino puramente matemáticos.

En el ámbito natural, lo cuantitativo y lo cualitativo se encuentran entrelazados. Todo lo natural posee estructuración espacio-temporal, dimensiones cuantitativas. Los modos de ser cualitativos no son cualidades puras, desligadas de lo cuantitativo: aunque se refieren a aspectos que no son directamente cuantitativos, se encuentran realizados en condiciones materiales y, por tanto, afectados por la cantidad.

Lo cuantitativo y lo cualitativo, aunque son dimensiones reales diferentes, se encuentran entrelazados en el ámbito natural, como lo material y lo formal, o la exterioridad y la interioridad. Además, tanto la cantidad como las cualidades se encuentran también intrínsecamente relacionadas con el dinamismo y las relaciones de las entidades: en efecto, la actividad de las substancias naturales depende de su modo de ser (el obrar sigue al ser), y el modo de ser de las substancias de-

pende de sus características cuantitativas y cualitativas; y algo semejante puede decirse con respecto a las relaciones de una substancia con respecto a otras. Esto no deberá perderse de vista cuando, a continuación, estudiemos por separado las dimensiones cuantitativas y las cualitativas.

16.3. *Lo cuantitativo y lo cualitativo en el mecanicismo*

La objetividad de lo cualitativo se puso en tela de juicio ya antes de Aristóteles. Los atomistas griegos afirmaban que la naturaleza está completamente determinada por propiedades cuantitativas tales como la extensión, la figura y el movimiento local; lo cualitativo sólo respondería a los efectos que la materia causa en los órganos de los sentidos, y pertenecería al ámbito de las impresiones subjetivas. También en la antigüedad, los pitagóricos, y de algún modo Platón, consideraron a lo cuantitativo como constitutivo básico de la naturaleza, de tal manera que el estudio matemático sería indispensable para conseguir una comprensión adecuada de lo natural.

Cuando la ciencia experimental moderna nació sistemáticamente en el siglo XVII, pasó a primer plano el problema de *la objetividad de las cualidades sensibles*. La nueva ciencia iba acompañada por una perspectiva *mecanicista*, que se presentaba como la nueva filosofía natural, en polémica con la antigua física cualitativa. Las explicaciones mecanicistas se basaban en lo cuantitativo, y las cualidades eran consideradas como impresiones subjetivas carentes de objetividad. El triunfo de la nueva ciencia fue interpretado también como triunfo de la perspectiva mecanicista y cuantitativa, que vino a ser la filosofía natural generalmente aceptada hasta finales del siglo XIX, al menos en los ambientes más relacionados con la ciencia.

En esa perspectiva, se negó la realidad de lo que se denominaron *cualidades secundarias* (los «sensibles propios», objeto de los sentidos externos: color, sonido, etc.), afirmando que sólo son reales las *cualidades primarias* (las relacionadas con la cantidad: magnitud, figura, movimiento). Las cualidades secundarias sólo serían impresiones subjetivas causadas por las cualidades primarias en sujetos dotados de un determinado aparato perceptivo. Se rechazaron las *formas* aristotélicas como inútiles; eran consideradas como *cualidades ocultas*: serían sólo una etiqueta que, sin explicar nada, se presentaba como explicativa, induciendo por tanto al error y frenando el progreso científico.

El empirismo de aquella época afirmaba la misma doctrina. Por ejemplo, John Locke (1632-1704) escribió: "las ideas de las cualidades primarias de los cuerpos son semejanzas de estas cualidades, y realmente existen sus modelos en los cuerpos mismos; pero en nada se asemejan las ideas que en nosotros producen las cualidades secundarias. No hay nada que exista en los cuerpos mismos que se parezca a esas ideas nuestras. Sólo existe un poder para producir en nosotros esas

sensaciones en los cuerpos a los que denominamos conforme a esas ideas; y lo que es dulce, azul o caliente según una idea, no es, en los cuerpos así denominados, sino cierto volumen, forma y movimiento de las partes insensibles de los mismos cuerpos"[1].

En la época posterior, con frecuencia se ha continuado negando la realidad de las cualidades y se ha pretendido apoyar esta negación en los progresos de la ciencia matemática de la naturaleza.

Centraremos ya nuestra atención en los aspectos concretos de las dimensiones cuantitativas. Este análisis permitirá advertir que lo cuantitativo no existe separado de lo cualitativo, y preparará el camino para determinar el carácter objetivo de las cualidades.

17. La extensión dimensional

Vamos a mostrar que la *cantidad* es un accidente *intrínseco*, que se encuentra en todas las substancias naturales y que no se identifica con ellas, y que tiene como efecto o manifestación principal la *extensión*, relacionada con las dimensiones de los cuerpos.

17.1. *La extensión como propiedad básica de las substancias naturales*

a) *Substancia, materia y cantidad*

Las substancias naturales existen en condiciones materiales. Hemos representado esa «materialidad» mediante el concepto clásico de «materia prima», que se refiere a las condiciones materiales en general. La materialidad forma parte de la esencia de las substancias naturales: se encuentra incluida en el modo de ser básico de esas substancias.

La materialidad se refiere a las condiciones espaciales, a las temporales, y a su combinación en el movimiento. Pero se refiere a ellas de modo genérico: cuando se afirma de algo que es material, sólo se dice que existe en ese tipo de condiciones.

Cuando nos referimos a esas condiciones materiales de modo concreto, hablamos de la extensión, la magnitud, la localización, la duración, etc. Es fácil advertir que estas dimensiones concretas pueden variar, al menos dentro de ciertos límites, sin que cambie el modo de ser esencial de la substancia. En este sentido, puede decirse que se trata de dimensiones accidentales. Y, para representar de

1. J. Locke, *An Essay Concerning Human Understanding*, libro II, capítulo VIII, n.º 15 (el texto castellano está tomado de: J. Locke, *Ensayo sobre el entendimiento humano*, Editora Nacional, Madrid 1980, vol. I, pp. 209-210).

modo unitario esas dimensiones accidentales cuantitativas, se utiliza el concepto de «cantidad», y se habla de «la cantidad» de las substancias naturales.

Afirmamos ahora que *la cantidad es un accidente de las substancias naturales*. Esta afirmación incluye implícitamente otras dos: que la cantidad es un modo de ser real, y que ese modo de ser no se identifica con el modo de ser de las substancias.

En primer lugar, veamos por qué *la cantidad es un modo de ser real*. Por una parte, todas las substancias naturales poseen dimensiones espaciales; si no las poseyeran, se reducirían a un punto inextenso: pero los puntos inextensos, como los que se emplean en las matemáticas, sólo existen en nuestra mente, nunca se trata de entidades reales. Por otra parte, las substancias naturales poseen también dimensiones temporales; de nuevo podemos pensar en «instantes» sin duración, pero también en este caso, cuando aplicamos el concepto de «instante» al devenir, se trata de una idealización de la duración real. Podemos concluir que las substancias naturales poseen dimensiones espaciales y temporales reales. Pero, cuando hablamos de «la cantidad», indicamos precisamente que las substancias poseen un modo de ser que incluye ese tipo de dimensiones: se trata, por tanto, de un modo de ser real.

Podría parecer que ese modo de ser no sólo es real, sino que pertenece al aspecto esencial de las substancias; en efecto, ¿no corresponde a la «materialidad», que es esencial a las substancias naturales? Afirmamos, sin embargo, que *la cantidad es un modo de ser accidental*, un accidente. En efecto, ya hemos señalado que, cuando hablamos de la cantidad, nos referimos a las condiciones materiales concretas de las substancias, y que esas dimensiones pueden variar sin que cambie el modo esencial de ser: se encuentran, por tanto, en el nivel de los accidentes.

Es preciso añadir que, aunque la cantidad exprese un modo de ser accidental, se trata de un accidente que afecta directamente al modo de ser de la substancia, y se da siempre en cualquier substancia material: precisamente porque se refiere a la concreción de la materialidad. En este sentido suele decirse que *la cantidad es un accidente intrínseco*, a diferencia de otros accidentes (tales como una relación puramente externa, o la localización con respecto a otros cuerpos). Y se añade que es un accidente *derivado de la materia*, para subrayar que se refiere a las condiciones materiales de las substancias.

Todavía suele añadirse que *la cantidad es el primer accidente* de las substancias naturales. Esta primacía se refiere al carácter de «substrato» básico que posee la cantidad, y significa que los demás accidentes afectan a la substancia «a través de» la cantidad. Por ejemplo, el color, la dureza, la visión, o cualquier otra característica de las substancias naturales, existen en condiciones materiales, afectan a partes extensas, actúan a través de órganos y procesos distendidos en el espacio y el tiempo. Así se subraya aún más el entrelazamiento entre lo cuantitativo y lo cualitativo.

b) *La extensión*

Según la definición clásica, es extenso lo que tiene *partes que están unas «fuera» de las otras* (*partes extra partes*, en latín). Es fácil advertir que esta definición es casi una tautología, ya que la idea de partes mutuamente externas se limita a explicitar lo que ya implica la idea de extensión. Pero es inevitable que sea así; en efecto, la extensión es un concepto primario que difícilmente puede explicarse utilizando conceptos más conocidos.

La idea de extensión se relaciona con la experiencia sensible, sobre todo con la que proviene de la vista, del oído y del tacto. La aplicamos, sobre todo, a las entidades; pero la ampliamos, también en la vida ordinaria, a todo lo que implica distancias espaciales. En este sentido ampliado se encuentra estrechamente vinculada al concepto de espacio, que analizaremos más adelante.

En este ámbito, casi todas las discusiones filosóficas se centran en torno al espacio; de la extensión como tal, no parece posible decir gran cosa. Sin embargo, subrayaremos un aspecto que no suele mencionarse y que es importante. Se trata de *la estructuración* espacial.

Hemos subrayado desde el principio, en efecto, que la estructuración es un aspecto básico de lo natural; y además que, aunque no todo son pautas, en la naturaleza todo se articula en torno a pautas. En el ámbito espacial, esas pautas son las *configuraciones*. Estas ideas desempeñan una importante función en vistas a representar fielmente lo natural. En efecto, si consideramos tan sólo la extensión en general, obtendremos una imagen indiferenciada de la naturaleza que, por el contrario, posee unos modos de ser muy específicos que en buena parte se manifiestan a través de las configuraciones espaciales. Una nueva referencia a la filosofía cartesiana ayudará a advertir la importancia de este problema.

17.2. *El reduccionismo cartesiano*

Descartes redujo la substancia material a *extensión*, porque la extensión era, según su perspectiva, la idea clara y distinta que podemos tener acerca de la substancia material; las cualidades, en cambio, serían efectos que se producen en el sujeto cognoscente como consecuencia de la estructura de su modo de conocer, y no poseerían la objetividad propia de lo cuantitativo, que además puede estudiarse utilizando las matemáticas.

Ya hemos visto que la negación de las cualidades sensibles acompañó al nacimiento moderno de la ciencia experimental. Galileo negó la realidad objetiva de las cualidades sensibles, porque varían en los distintos sujetos, porque no son necesarias para el estudio matemático de la naturaleza, y porque podemos concebir la sustancia corpórea sin cualidades, pero no sin figura y movimiento [2]. Para

2. Cfr. GALILEO GALILEI, *Il saggiatore*, en: *Opere*, ed. Barbèra, Firenze 1899-1909, volumen VI, pp. 347-348.

Descartes, la sustancia corpórea se reduce a extensión, todo cambio se reduce a movimiento local, y sólo son propiedades reales de los cuerpos las figuras y los movimientos locales, que pueden ser objeto de tratamiento matemático[3].

El mecanicismo identificó la substancia corpórea y la extensión. En consecuencia, la naturaleza venía reducida a dimensiones cuantitativas indiferenciadas, que nada tenían que ver con lo cualitativo. Esta imagen conectaba fácilmente con la negación pura y simple de las cualidades, cuya objetividad se negaba, reduciéndolas a las alteraciones provocadas en los sujetos cognoscentes por una naturaleza «cualitativamente neutra». La reducción mecanicista proporcionó la base para la negación de toda dimensión no cuantitativa, y se presentó como si estuviera avalada por la ciencia matemática de la naturaleza, que sería el único camino para conseguir conocimientos auténticos sobre la naturaleza.

Afirmamos, por el contrario, que la reducción de la substancia corpórea a la extensión no se adecúa a nuestra experiencia ni al progreso de la ciencia. Que no se adecúa a la experiencia es patente, porque conocemos lo natural a través de sus cualidades sensibles. Pero si consideramos la ciencia, advertimos que lo material adopta, en todos sus grados de organización, configuraciones muy específicas; por tanto, nada tiene que ver con la imagen «indiferenciada» del mecanicismo, propia de un estadio muy poco desarrollado de la física matemática.

Estas consideraciones muestran que existe una estrecha relación entre lo cuantitativo y lo cualitativo. Equivalen, en efecto, a afirmar que la extensión real se articula en torno a pautas específicas, y que una extensión «homogénea» o «indiferenciada» corresponde más bien a una idealización.

17.3. *Características del ente extenso*

Comentaremos ahora cuatro características que se relacionan con la extensión: la continuidad, la divisibilidad, la mensurabilidad y la individuación.

a) *Continuidad*

Al estudiar el significado de la *cantidad*[4], Aristóteles afirma que lo cuantitativo es *divisible en partes integrantes*. Se habla de *cantidad discreta* si algo es divisible en partes discontinuas; si es finito, se llama número y en este caso se habla de cantidad *numérica*. Se habla de *cantidad continua* si algo es divisible en partes continuas; en este caso se habla de cantidad *dimensiva*, porque se refiere a

3. Cfr. R. DESCARTES, *Los principios de la filosofía*, 2.ª parte, n.º 64 (en: *Oeuvres*, editadas por Ch. Adam y P. Tannery, Vrin, Paris 1996, tomo VIII-1, pp. 78-79); *Meditationes de prima philosophia*, med. 3, nn. 45-46 (*ibid*., vol. VII, pp. 43-44).

4. Cfr. ARISTÓTELES, *Categorías*, 6, 4 b 20 - 6 a 35; *Metafísica*, V, 13, 1020 a 7-32.

la *extensión* de los cuerpos. La cantidad discreta da origen al número, y la cantidad continua a la línea, la superficie, el volumen, el tiempo, el lugar: se trata de la *magnitud*, que en una dimensión es la longitud (línea), en dos dimensiones es la latitud (superficie), y en tres dimensiones es la profundidad (cuerpo). En lo discreto, las partes están separadas y no coinciden en ningún límite común. En lo continuo, las partes coinciden en un límite común: las partes de la línea coinciden en un punto, las de la superficie en una línea, el tiempo presente coincide con el pretérito y el futuro.

En esta perspectiva, la *extensión* se refiere a la *cantidad continua*. Una substancia tiene una unidad, y todo lo que forma parte de ella constituye una continuidad. Desde luego, las partes de una substancia pueden ser heterogéneas; basta pensar, por ejemplo, en los diferentes tejidos y órganos de un viviente. Sin embargo, esa *heterogeneidad cualitativa* que se da entre las partes de una misma substancia, que forman una unidad substancial, no impide la existencia de una *continuidad cuantitativa*, porque todas las partes juntas constituyen el modo de ser unitario propio de la substancia.

b) *Divisibilidad*

Dado que la extensión consiste en tener unas partes fuera de otras, *todo lo extenso es divisible*. En efecto, no se entiende cómo podríamos llegar, por división, a partes inextensas; ni siquiera se entiende cómo podría existir un ser material inextenso.

Nos referimos, claro está, a la divisibilidad «en principio». En la práctica, es posible que tropecemos con límites que hagan imposible continuar la división. Esos límites prácticos existen siempre, aunque cada vez llegamos a obtener partes más pequeñas. Incluso es posible que exista algún tipo de límite infranqueable para la división física; sin embargo, ni siquiera en ese caso podríamos afirmar una indivisibilidad absoluta: lo material es extenso y, como tal, siempre es divisible en principio, incluso si sucede que, debido a las condiciones físicas, no es posible continuar el proceso de división.

Una objeción clásica consiste en decir que, si lo extenso puede dividirse indefinidamente, esto significaría que está compuesto de infinitas partes; en ese caso, entidades finitas estarían compuestas de infinitas partes y deberían tener una extensión infinita, lo cual resulta contradictorio. Esta aparente paradoja suele presentarse bajo el título *la divisibilidad del continuo*. La respuesta es también clásica, y consiste en distinguir la «divisibilidad potencial», que siempre puede proseguir indefinidamente, y la «división actual», que siempre proporcionará un número finito de partes: nunca llegaremos a partes que, en principio, sean indivisibles, de tal modo que siempre será posible proseguir la división, sin que, sin embargo, lleguemos a obtener en ningún momento un número infinito de partes en acto.

c) *Mensurabilidad*

Todo lo cuantitativo es extenso, tiene partes y, por consiguiente, puede ser dividido y también puede ser medido. *La divisibilidad implica la mensurabilidad*.

Para medir algo, hay que determinar una unidad que se toma como patrón, y comprobar cuántas veces está contenida esa unidad en lo que se desea medir. Esto es algo que siempre puede hacerse, en principio, cuando lo que se desea medir es extenso.

El problema es mucho más complicado cuando se intenta medir algo que por sí mismo no es cuantitativo o extenso. Tal es el caso de lo espiritual, pero también las cualidades materiales se encuentran en una semejante dificultad. Sin embargo, en tanto en cuanto lo espiritual o lo cualitativo se relacionen con lo material, podrían ser objeto de *medición indirecta*: propiamente se mide lo cuantitativo, pero esa medida puede proporcionar información, aunque indirecta, sobre los aspectos cualitativos asociados a lo cuantitativo.

De hecho, una parte del proceso que condujo al nacimiento sistemático de la ciencia experimental en el siglo XVII fue el progreso, realizado durante varios siglos, en la medición indirecta de cualidades.

d) *Individuación*

Lo cuantificado tiene una individuación que se debe precisamente a la cantidad. En efecto, todo lo que posee cantidad posee, automáticamente, individuación, porque es extenso y tiene unas partes individuales fuera de otras.

La individuación de las entidades materiales se atribuye a la materialidad y a la cantidad. Siguiendo una expresión clásica, puede decirse que el principio de individuación de los entes materiales es *la materia señalada por la cantidad* (*materia quantitate signata*). Esto significa que, aun suponiendo hipotéticamente que dos entidades materiales tengan un modo de ser completamente idéntico, serán diferentes porque ese modo de ser se encontrará presente en dos individuos numéricamente diferentes: cada uno de ellos poseerá sus propias condiciones espacio-temporales individuales, su cantidad propia.

18. La pluralidad física

Hemos aludido a la distinción aristotélica entre la *cantidad discreta* y la *cantidad continua*. Esta última, la cantidad continua, coincide con la cantidad dimensiva y se refiere a la extensión de los cuerpos; las reflexiones del apartado anterior se han centrado completamente en ella. Vamos ahora a examinar la cantidad discreta, que se da cuando algo es divisible en partes discontinuas y, si ese algo es finito, da origen al *número* y a la *cantidad numérica*.

18.1. *Unidad y multiplicidad*

Nos referimos a la cantidad *numérica* o *discreta* (aquí, «discreta» significa «separada»), cuando utilizamos números para designar unidades materiales: por ejemplo, cuando hablamos de dos árboles, tres átomos, etc.

«Pluralidad» se opone a «unidad», porque la pluralidad numérica se refiere a un determinado número de seres: no a uno, sino a varios o muchos, a un cierto número de ellos. Sin embargo, cada uno de esos seres posee una cierta unidad; en efecto, si hablamos de dos árboles, es porque ambos son individuos, cada uno es «un» árbol. Si no existiera la unidad propia de cada ser, tampoco podría existir la pluralidad que enumera varios o muchos seres.

En la anterior reflexión hemos utilizado el término «unidad» con dos significados distintos aunque relacionados, que suelen denominarse *unidad trascendental* y *unidad predicamental*.

La *unidad trascendental* se refiere al carácter unitario que posee un ser, a su unidad interna por la cual es precisamente «un» ser; este tipo de unidad es denominada *unidad trascendental* en metafísica porque se atribuye a cualquier ente que es realmente «un» ente, sea material o espiritual. Por eso se habla aquí de unidad «trascendental», ya que se trata de un concepto que se aplica a todo ente y trasciende las distinciones entre los entes. Y por este mismo motivo constituye un objeto propio de la metafísica, que suele ser estudiado como una de las propiedades trascendentales del ente.

La *unidad predicamental* es la unidad dimensiva que poseen los entes materiales, las substancias, los sistemas unitarios. Cada substancia tiene una extensión propia, que es el predicamento «cantidad»: la substancia tiene una extensión que se encuentra separada de las extensiones propias de otras substancias.

Evidentemente, ambos sentidos se encuentran relacionados. Tomás de Aquino, comentando a Aristóteles, hace notar que la noción de unidad es analógica, pues se dice en sentidos parcialmente idénticos y parcialmente diferentes: la unidad trascendental es la que se aplica a todo ente unitario (también, por tanto, a los seres espirituales), y la unidad predicamental es la que es principio del número, en el terreno de lo material cuantitativo.

18.2. *El número*

El número es la medida de la cantidad discreta (en griego, el termino correspondiente a «número» es «métron», que significa «medida»). Para medir debemos disponer de una unidad de medida, y de una multiplicidad a la que se aplica la unidad: el número expresa cuántas veces esa unidad está contenida en la multiplicidad que se mide.

Podemos preguntarnos si el número puede utilizarse también para medir la cantidad continua, o sea, la extensión. Parece que la respuesta debe ser afirmativa; en efecto, ¿acaso no medimos la longitud de las líneas, el área de las superficies, la magnitud de los volúmenes?

En realidad, para medir la cantidad continua, la reducimos a cantidad discreta: la dividimos en partes reales o imaginarias, aplicando procedimientos numéricos a la medición de lo continuo. Por este motivo, la medición de lo continuo nunca es completamente precisa. En cambio, cuando medimos la cantidad discreta, nos limitamos a numerar o contar los entes, que son numéricamente diferentes y se pueden contar exactamente.

El número de cosas que se cuentan suele llamarse *número numerado*, y el número abstracto que se utiliza para contar o numerar se denomina *número numerante. Los números son abstractos*, porque no representan ninguna entidad concreta, sino un procedimiento para contar las entidades y, eventualmente, para medir las cantidades continuas.

Existen diferentes sistemas de numeración. El más básico es el de los *números naturales*, que se obtienen por abstracción de cantidades de un grupo: por ejemplo, a partir de la existencia de tres o cinco ovejas, se abstraen los números «tres» y «cinco», y se aplican para contar cualquier tipo de entidades. Los números naturales sirven como base para construcciones matemáticas más abstractas.

De hecho, las construcciones matemáticas relacionadas con los números se han ido ampliando. A partir de los números más directamente relacionados con la experiencia, como son los números enteros y los números fraccionarios positivos, que se refieren al número de cosas que existen (dos, tres, cinco) o a sus fracciones, se han introducido el número cero, los números negativos, los números irracionales (que no pueden expresarse como enteros o fracciones de enteros), los números complejos (que incluyen una parte real y otra imaginaria, incluyendo la parte imaginaria el número «*i*» que es la raíz cuadrada de menos uno), y otros tipos de números cuya definición y uso son objeto de las matemáticas.

18.3. *El infinito cuantitativo*

En relación con la cantidad surge el problema del infinito. En la experiencia encontramos cantidades finitas, pero nada impide pensar una cantidad sin término, tanto en la línea de la cantidad continua como en la cantidad discreta.

El infinito puede concebirse como actual o como potencial. El *infinito actual* consistirá en una cantidad infinita existente en acto. El *infinito potencial* es una sucesión cuantitativa indefinida; cada una de sus partes es finita, pero existe la posibilidad de continuar la sucesión indefinidamente.

La existencia del infinito potencial está fuera de duda. Así lo manifiesta la divisibilidad de la cantidad continua. Como hemos visto, al dividir un cuerpo ex-

tenso, obtendremos siempre partes extensas, y esta operación se puede repetir, en principio, indefinidaamente, ya que todo lo extenso puede ser dividido ulteriormente (dejamos aparte la posibilidad física de realizar tales divisiones). Esto no significa que los cuerpos extensos tengan infinitas partes; pueden ser divididos indefinidamente, pero siempre obtendremos un conjunto finito de partes.

La existencia del infinito actual ha sido objeto de discusión desde la antigüedad, especialmente en relación con la extensión y la duración del universo. La cosmovisión antigua solía representar el universo como finito, e incluso se pensaba que la posesión de límites era una cualidad de las cosas físicas perfectas. Con el nacimiento de la ciencia experimental moderna, se pasó a una cosmovisión que más bien representaba el universo como infinito en extensión. En la época contemporánea, la teoría de la relatividad propone un universo finito pero ilimitado en cuanto a la extensión, y la cosmología científica más bien se inclina por un universo que se ha formado a partir de un instante inicial, aunque también se discute la posibilidad de un universo con una duración limitada pero sin fronteras en el tiempo. Sin embargo, no son pocos los intentos de completar la imagen de «nuestro» universo con la posible existencia de «otros» universos, de tal modo que el problema de la finitud o infinitud vuelve a aparecer, tanto referida al espacio como al tiempo.

Estos problemas encierran enormes dificultades, que quizás sean incluso insuperables para la mente humana. Sin embargo, lo más importante desde el punto de vista filosófico es que la finitud o infinitud cuantitativas del universo no tienen demasiada importancia en orden a determinar el fundamento último del universo. En efecto, *aunque el universo fuese actualmente infinito en el espacio o en el tiempo, no sería autosuficiente*: la autosuficiencia no es una cuestión de magnitud, sino de un orden distinto de perfección. Esto fue claramente advertido por Tomás de Aquino cuando escribió: “Aunque Dios creara un ser corpóreo infinito en acto, ese ser corpóreo sería infinito en su cantidad dimensiva, pero tendría una naturaleza necesariamente determinada en su especie, que sería limitada precisamente porque es una cosa natural. Y en consecuencia no sería igual a Dios, cuyo ser y esencia es infinito en todos los sentidos”[5]. Por este motivo, Tomás de Aquino siempre sostuvo que un universo que poseyera una duración eterna debería igualmente ser creado por Dios, aunque por la revelación el cristiano sabe que el universo ha tenido un comienzo.

El infinito ocupa un lugar importante en las matemáticas, y ha sido objeto de teorías donde se distinguen distintos tipos de infinitud. Sin embargo, cuando se aplican las matemáticas a la física y en los resultados aparecen cantidades infinitas, los físicos deben encontrar estratagemas que les permitan eliminarlas.

5. Tomás de Aquino, *Quodl.*, IX, q. 1, a. 1, ad 1.

19. La cuantificación en el conocimiento científico

La ciencia experimental se apoya de modo muy especial en las dimensiones cuantitativas de la naturaleza: emplea las matemáticas para elaborar sus teorías y recurre a la experimentación, que incluye la medición, para comprobar la validez de las teorías. Vamos ahora a examinar las características principales de este método y también su validez.

19.1. *Matemáticas, experimentación y medición*

Para realizar un experimento científico debemos aislar el sistema que deseamos estudiar, de tal modo que podamos prescindir de cualquier interferencia no controlada, y podamos observar lo que sucede en condiciones bien controladas y repetibles.

En la mayoría de los casos, uno de los aspectos más importantes del experimento es la medición. En un experimento típico, se intenta determinar cómo cambia una variable del sistema en función de los cambios de otras variables; por ejemplo, qué valores toma la temperatura en función de las variaciones de la presión y el volumen. Incluso cuando se trata simplemente de observar algo, la observación suele estar unida a determinaciones de valores numéricos, al menos en las ramas más desarrolladas de las ciencias.

La medición requiere que se adopten unidades, que se establezcan reglas para interpretar los resultados proporcionados por los instrumentos, que se diseñen los instrumentos que sirven para medir. Todo ello exige el empleo de las matemáticas, y no de un modo cualquiera: es preciso establecer estipulaciones o convenciones que nos permitan formular los conceptos teóricos y las reglas utilizadas en la práctica.

Con objeto de concretar más, vamos a considerar qué son y cómo se utilizan las magnitudes físico-matemáticas. Hablamos, para simplificar, de magnitudes físico-matemáticas, pero las reflexiones que siguen valen para todas las magnitudes que se utilizan en la ciencia experimental: por tanto, no sólo para la física, sino también para la química, la biología, etc.

19.2. *Las magnitudes físico-matemáticas*

Intentamos conocer la naturaleza, pero la naturaleza no habla; por tanto, debemos construir un lenguaje que nos sirva para interrogar a la naturaleza y que ésta nos responda en su propio lenguaje: los hechos. El lenguaje científico, que nos permite dialogar con la naturaleza, se apoya en conceptos que, junto con su aspecto teórico, contienen una referencia a los resultados de los experimentos. Tales conceptos son las *magnitudes*.

Es usual distinguir tres grandes tipos de conceptos científicos: los *clasificatorios*, los *comparativos* y los *cuantitativos*. Mediante conceptos *clasificatorios*, tales como célula, aminoácido, ion, potasio, etc., dividimos en clases los sistemas o propiedades según posean o no determinadas características. Si establecemos un orden obtenemos conceptos *comparativos*; por ejemplo, comparando las masas con una balanza, establecemos criterios para delimitar cuándo un sistema tiene una masa mayor que la de otro. Si fijamos escalas y unidades, obtenemos los conceptos *cuantitativos* o *métricos*, también denominados *magnitudes*, que se definen en relación con teorías matemáticas y experimentos repetibles. Por ejemplo, en el caso de la masa hay que especificar que se trata de una magnitud escalar y aditiva (aspectos matemáticos), e indicar métodos para medirla (aspecto experimental); así deja de ser un concepto intuitivo y se convierte en una construcción teórica que se aplica siempre que sea posible definir los aspectos mencionados: en concreto, no sólo podemos hablar de la masa de los cuerpos ordinarios, a partir de los cuales se obtuvo inicialmente el primer concepto intuitivo de masa, sino también de la masa de los iones y, en general, de las partículas subatómicas, que son entidades muy alejadas de la experiencia ordinaria.

La secuencia clasificatorio-comparativo-cuantitativo no indica que los conceptos clasificatorios sean sólo un primer paso cuya utilidad se reduzca a facilitar la construcción de magnitudes. En efecto, muchos conceptos clasificatorios (como los ya mencionados de aminoácido, ion y potasio) no están tomados de la experiencia ordinaria, sino que son construidos utilizando los resultados teóricos y experimentales de diversas disciplinas, y son consecuencia de trabajos en los que intervienen conceptos cuantitativos. En consecuencia, pueden darse diferentes definiciones del potasio, en función de propiedades físicas y químicas que, a su vez, se definen en función de todo un conjunto de conocimientos que va progresando. Algunas definiciones resultan suficientemente claras con respecto a determinados niveles de problemas, mientras que en el nivel de la investigación fundamental existen problemas todavía no resueltos.

Surge en este punto una pregunta razonable: ¿están los conceptos de la ciencia experimental unívocamente definidos, de modo que las diversas definiciones posibles respondan en último término a una única que las abarca? La respuesta exige matizaciones. En efecto, cuando una disciplina está en sus comienzos, suelen darse definiciones poco precisas, y cuando se consigue un desarrollo mucho mayor, se multiplican las definiciones precisas. Un ejemplo ilustrativo al respecto es el concepto de ácido, uno de los más importantes en la química y en la biología. Robert Boyle dio una primera definición en 1663 tomando como fundamento hechos empíricos; en 1884, Svante Arrhenius propuso la primera definición conceptual; en 1923, J. N. Brönsted y T. M. Lowry definieron un ácido como toda molécula o ion que puede donar protones; este concepto incluye los ácidos de Arrhenius, y también cationes y aniones, y caracteriza los ácidos en función de su comportamiento en las reacciones químicas; en el mismo año, G. N.

Lewis definió como ácido a toda substancia que contenga un ion o molécula capaz de aceptar algún par de electrones externos donado por una base, y a su vez, la base es toda substancia que contiene un ion o molécula en el que existe un par de electrones exteriores que pueden formar un enlace covalente con otro ion o molécula. La definición de Lewis es la más general, y considera como procesos ácido-base algunos que no encajan en las otras. Cada una de las definiciones mencionadas tiene interés, en función del tipo de problemas que se intenta resolver. La situación en su conjunto muestra que pueden coexistir definiciones diferentes bajo un mismo término (en este caso, el de ácido). Podrían utilizarse términos diversos, pero esto probablemente tendría más inconvenientes que ventajas para la actividad científica.

Lo realmente importante es advertir que cada concepto tiene un *significado*, que abarca las notas que se le atribuyen, y una *referencia*, que indica qué tipo de entidades vienen representadas en el concepto. Como se ha visto en el caso del concepto de ácido, un mismo término científico puede tener varios significados que sólo coinciden parcialmente, y también varias referencias que tampoco se identifican. Esto no constituye un problema para la ciencia, con tal que se delimiten de modo adecuado los distintos significados y referencias, y se establezca cómo se ha de aplicar cada concepto en las diferentes situaciones.

Cuando se estudian los conceptos básicos de una disciplina, el problema se agudiza debido a que, tanto en el plano teórico como en el experimental, existen límites para las posibilidades de definir. Dado que para definir un concepto hay que recurrir a otros, deberán existir algunos conceptos primeros que se definen por sí mismos. Podría decirse que ello es factible recurriendo a la experimentación, o sea, definiendo los conceptos básicos mediante el solo recurso a experimentos. Pero también en ese plano existen límites, ya que todo experimento exige que se admitan algunos supuestos. Parece, pues, que se llega a un callejón sin salida, de modo que no sería posible definir rigurosamente los conceptos científicos básicos y, por tanto, tampoco los conceptos derivados a partir de ellos. ¿Es así?

Si nos atenemos a la pura lógica, así es. Si nos proponemos establecer la ciencia experimental sobre una base inconmovible en la que los conceptos fundamentales sean un simple producto de puros hechos y de inferencias lógicas, encontramos límites infranqueables. Esto tiene una consecuencia de gran importancia: que, *en la fundamentación de la ciencia experimental, necesariamente han de intervenir acuerdos o convenciones o estipulaciones*. Sin embargo, *las estipulaciones necesarias para establecer los conceptos científicos no son arbitrarias*.

La construcción de los conceptos científicos exige interpretaciones. No es el simple resultado de aplicar la lógica formal a hechos puros. Vamos a examinar en qué medida esto afecta a la validez de las conclusiones de la ciencia experimental.

19.3. *Alcance del método físico-matemático*

Hemos subrayado que la construcción de las magnitudes científicas exige una dosis de interpretación. Pero interpretación no significa arbitrariedad: las estipulaciones que se adopten deben conducir a teorías coherentes y a resultados experimentales compatibles con los datos obtenidos en la experimentación.

La necesidad de recurrir a estipulaciones no impide que pueda conseguirse un alto rigor demostrativo. Si nos atenemos a consideraciones puramente lógicas, podríamos concluir que en la ciencia experimental no se alcanzan conocimientos ciertos; de hecho, esta interpretación un tanto relativista está ampliamente difundida en la epistemología contemporánea. Sin embargo, es posible evitar ese relativismo si advertimos que existen criterios que son empleados por los científicos, muchas veces de modo implícito, y que esos criterios garantizan suficientemente la validez de los resultados obtenidos.

Esos criterios pueden reducirse, en último término, a los cinco siguientes: la *capacidad explicativa*, la *capacidad predictiva*, la *precisión* de las explicaciones y predicciones, la *variedad de pruebas independientes*, y el *apoyo mutuo* entre diferentes teorías. Estos son los criterios que se aplican en la práctica científica. Aunque no garantizan que las construcciones científicas sean verdaderas en todos sus aspectos, es muy difícil que una construcción falsa los cumpla. Su aplicación conduce a construcciones científicas que, si bien son aproximativas y perfectibles, se acercan progresivamente a la verdad.

Para interpretar correctamente esa aproximación a la verdad es preciso tener en cuenta que la verdad científica siempre es *contextual* y, por tanto, *parcial*. En efecto, aunque nuestras teorías correspondan a la realidad, no son una simple copia de ella: se expresan mediante conceptos que, como hemos visto, son construcciones nuestras. Por consiguiente, para estimar la validez de una teoría, hay que tomar en consideración el contexto conceptual en el que se formula. Pero, con estas precauciones, podemos afirmar que en la ciencia experimental conseguimos una verdad *auténtica*, o sea, conocimientos que corresponden a la realidad.

Ni siquiera puede decirse que la ciencia experimental sólo nos permite conocer los aspectos cuantitativos, y por tanto accidentales, de la naturaleza. Sin duda, utiliza métodos cuantitativos siempre que es posible, pero hemos visto que los accidentes nos llevan al conocimiento de las substancias. De hecho, a través de métodos cuantitativos hemos llegado ya a conocer muchos aspectos de la realidad que, de otros modo, nunca hubiéramos conocido: el movimiento de la Tierra alrededor del Sol, que implicó un cambio radical en la cosmovisión y en sus implicaciones filosóficas; la naturaleza de las estrellas, que en la antigüedad eran consideradas como pertenecientes a un mundo autónomo que con frecuencia se identificaba con lo divino; los mecanismos fundamentales de la vida, que se desarrolla gracias a un programa genético, lo cual ha permitido disipar muchos malentendidos en torno a las semejanzas y diferencias entre los vivientes y los no

vivientes; los componentes fundamentales de la materia y las interacciones básicas; y muchos otros aspectos de la naturaleza que difícilmente pueden considerarse como meramente accidentales.

20. Filosofía de las matemáticas

A partir del número y de la cantidad dimensiva se construyen, respectivamente, la aritmética y la geometría, donde buscamos obtener nuevos conocimientos a través de demostraciones lógicas. Otras ramas de las matemáticas se han desarrollado desde la antigüedad y no cesan de progresar en nuestros días.

Desde la antigüedad y hasta nuestros días, se han propuesto diferentes interpretaciones acerca de la naturaleza y el alcance de las matemáticas.

20.1. *Interpretaciones de las matemáticas*

En la antigüedad griega, los pitagóricos advirtieron que la naturaleza tiene importantes aspectos que se pueden representar mediante las matemáticas y, en consecuencia, atribuyeron al número y a las matemáticas un papel esencial en la explicación de la realidad. Esta línea fue de algún modo continuada por el platonismo, donde los objetos matemáticos eran considerados como existiendo en un mundo ideal, del que participan las cosas sensibles. Para Aristóteles, la matemática es el estudio abstracto de la cantidad que, si bien existe en el mundo físico, es considerada por la mente fuera de la materia sensible.

Los pioneros de la ciencia moderna en el siglo XVII atribuyeron una importancia decisiva a las matemáticas. Ya hemos visto que Descartes llegó a identificar la substancia material con la extensión, lo cual le permitía justificar la función insustituible de la geometría en el estudio de la naturaleza. Galileo afirmó que la naturaleza es como un libro escrito en lenguaje matemático. Desde la consolidación de la ciencia experimental en aquella época, las matemáticas continuaron su desarrollo y se propusieron nuevas interpretaciones filosóficas que, en buena parte, giraban alrededor del racionalismo y el empirismo. El racionalismo llegaba, en los casos más extremos, a otorgar a la matemática un carácter *a priori*, independiente de toda experiencia, mientras que el empirismo subrayaba que las matemáticas dependen de la experiencia.

En la segunda mitad del siglo XIX, algunas importantes novedades llevaron a replantear los conceptos fundamentales tanto de la física como de las matemáticas. En la física, se había llegado a pensar que la física de Newton tenía un carácter definitivo y que los ulteriores progresos sólo podrían consistir en añadir nuevos elementos al edificio ya construido; nuevos planteamientos fueron minando estas ideas y prepararon el terreno para la teoría de la relatividad y la física cuán-

tica que, desde el comienzo del siglo XX, provocaron un cambio radical en la valoración de las teorías físicas. En las matemáticas, desde la antigüedad se había admitido la validez de la geometría euclídea, que incluso se había considerado como la geometría propia del mundo real; sin embargo, se mostró que era posible construir geometrías no-euclídeas, que eran lógicamente consistentes e incluso se acabaron aplicando con éxito a nuevas teorías de la física.

Esa renovación de las matemáticas, unida al desarrollo de la lógica simbólica, condujeron a nuevas ideas en la filosofía de las matemáticas, en las que intervenían muchas veces no sólo los filósofos, sino también los matemáticos. El *logicismo* intentó reducir la matemática a principios meramente lógicos, llegando a identificar de algún modo las matemáticas con la lógica. El *formalismo* subrayó la importancia de la axiomatización, intentando una auto-fundamentación de la matemática en la cual no sería necesario recurrir a principios intuitivos externos. Los famosos trabajos realizados por Kurt Gödel en torno a 1931 mostraron los límites con que tropieza todo intento de formular sistemas matemáticos de forma totalmente auto-suficiente, incluso cuando se trata de ramas sencillas de la matemática. El *intuicionismo* rechazaba el platonismo de los logicistas; negaba que los entes matemáticos tengan una especie de existencia ideal propia, y subrayaba que son el resultado de construcciones mentales nuestras, motivo por el cual también estaba en desacuerdo con los formalistas: en última instancia, habría que recurrir a ciertas intuiciones primitivas.

Las corrientes mencionadas han dado lugar a mezclas entre ellas y a matizaciones entre sus defensores. En general, se suele admitir que la matemática no puede ser reducida a la lógica, y tampoco parece correcto afirmar que consista en un conjunto de construcciones meramente convencionales.

Sin duda, las matemáticas son una construcción nuestra. Algunas de sus nociones más elementales guardan estrecha relación con la experiencia: sobre todo, los números enteros positivos y los fraccionarios. Sin embargo, en cuanto introducimos una notación matemática abstracta y procedemos a definir operaciones que no se relacionan inmediatamente con la experiencia, creamos un mundo que posee una cierta consistencia propia. En efecto, una vez que hemos definido un determinado sistema matemático, podemos descubrir muchas propiedades y conclusiones que parece como si estuvieran a la espera de que las descubramos, porque son una consecuencia del sistema que hemos construido. A veces sucede que se descubren conclusiones cuya validez parece clara y que, no obstante, no tienen un fundamento conocido. Por consiguiente, los sistemas matemáticos tienen, de algún modo, una vida propia.

20.2. *Construcción matemática y realidad*

Debido a esa vida propia que poseen, las matemáticas tienen interés por sí mismas; desde la antigüedad hasta nuestros días han sido cultivadas sin buscar en

ellas algo ajeno a sus propios objetivos. Pero, además, se aplican con éxito al estudio de la naturaleza, y esto les confiere un valor suplementario.

Si pensamos en operaciones matemáticas que se reducen a cálculos más o menos intuitivos, resulta lógico comprobar que esas operaciones se puedan aplicar a la resolución de problemas prácticos. Sin embargo, un cierto aire de misterio parece rodear al empleo de teorías matemáticas abstractas para resolver problemas que también son bastante sofisticados. ¿Puede decirse que existe un isomorfismo entre las matemáticas y la naturaleza?

Hoy día no parece necesario afirmar, como lo hizo Galileo, que la naturaleza es como un libro escrito en lenguaje matemático y que debe emplearse ese lenguaje para penetrar en sus secretos. En efecto, las matemáticas han ampliado enormemente su ámbito desde la época de Galileo, y se aplican con éxito al estudio de la naturaleza muchas teorías que poco o nada tienen de intuitivo, y no se puede establecer una correspondencia clara entre esas teorías y la realidad.

Es cierto que las matemáticas proporcionan un instrumento extraordinariamente efectivo para el estudio de la naturaleza, pero para explicar ese éxito no es necesario pensar que debe existir un isomorfismo entre las matemáticas y la naturaleza. La explicación es más sencilla. Las matemáticas proporcionan un poderoso instrumento para definir magnitudes cuyos valores pueden medirse experimentalmente, para relacionar las magnitudes entre sí, y para realizar operaciones lógicas que relacionan unos enunciados con otros. Desde el momento en que disponemos de teorías matemáticas que permiten realizar todo ello, la aplicabilidad de las matemáticas a la realidad deja de ser un misterio.

Lo que resulta más misterioso en el empleo de las matemáticas en las ciencias es que, en ocasiones, las teorías físico-matemáticas conducen a la predicción de efectos cuya existencia de ningún modo podía ser prevista y que, sin embargo, son una consecuencia lógica de la teoría y se comprueban con gran precisión. Con razón se suele considerar este tipo de previsiones como uno de los argumentos más poderosos en favor de la validez de las teorías.

Cuando se aplican las matemáticas en las ciencias, se suele prescindir de matices que son importantes para el matemático puro y que, sin embargo, constituirían un estorbo para quien trabaja en la ciencia experimental. Con frecuencia, la matemática pura es demasiado compleja para ser aplicada al estudio de problemas reales, y se debe simplificar. Se requiere una especial habilidad para aplicar los conceptos matemáticos a los problemas empíricos, y parte de esa habilidad consiste en simplificar las matemáticas de modo que, conservando el rigor, se conviertan en un instrumento útil.

Esta es una situación bien conocida. Por ejemplo, en la segunda mitad del siglo XIX, John William Strutt (Lord Rayleigh) sobresalió en su tratamiento matemático de problemas de dinámica, acústica, óptica y electricidad; se había graduado en matemáticas, pero las consideraba sólo como una técnica auxiliar para

plantear los problemas desde el punto de vista de la física, y explicó este aspecto del modo siguiente: "En las investigaciones matemáticas he solido emplear los métodos que se le ofrecen naturalmente a un físico. El matemático se quejará, y a veces (hay que reconocerlo) con justicia, de rigor deficiente. Pero este asunto tiene dos caras. Pues por importante que sea conservar un nivel uniformemente elevado en matemáticas puras, al físico puede convenirle una que otra vez conformarse con argumentos bien satisfactorios y concluyentes desde su punto de vista. Para su mentalidad adiestrada en un orden de ideas distinto, el proceder más severo del matemático puro puede no parecerle más demostrativo sino menos"[6]. R. B. Lindsay ha comentado al respecto que la educación matemática que Lord Rayleigh recibió en Cambridge "no eran, en sentido puro, matemáticas *rigurosas*, pero sí *vigorosas*"[7].

El recurso a las matemáticas, en sí mismo, tiene con frecuencia la forma de una estrategia de gran envergadura. Por ejemplo, en la física fundamental que investiga la estructura básica de la materia, tienen gran importancia las simetrías que, al mismo tiempo que se refieren a fenómenos físicos, reciben un tratamiento matemático lleno de sutilezas, en el que ocupan un lugar destacado las teorías gauge o de aforo. De este modo, desempeñan una importante función las invariancias que se mantienen al pasar de una simetría global a una local introduciendo nuevos campos, y esta operación matemática recibe interpretación física. Tales estrategias implican la adopción de todo un conjunto de estipulaciones, pero se manifiestan muy fecundas. Algo semejante sucede con la renormalización, que es el procedimiento utilizado para eliminar las cantidades infinitas que aparecen en ciertas teorías de campos; su empleo en la década de 1940 permitió ajustar los valores teóricos de ciertas magnitudes, como el momento magnético del electrón, a los valores observados con un grado de precisión jamás alcanzado en la historia de la física.

Tales estrategias, si por una parte parecen poner límites a la objetividad, debido a los aspectos convencionales que incluyen, por otra parte permiten estudiar fenómenos muy alejados de la experiencia ordinaria mediante procedimientos intersubjetivos. Lo que en un principio parece limitar la objetividad, en otro sentido es su garantía. Dicho de otro modo: es precisamente el recurso a construcciones teóricas de alto nivel, con lo que implica de convencional, lo que permite formular las teorías con un alto grado de intersubjetividad. Cuando se adaptan las

6. Lord RAYLEIGH, *The Theory of Sound*, Dover, New York 1945, prefacio. La cita está recogida de: John N. HOWARD, "Principales contribuciones científicas de John William Strutt, tercer barón de Rayleigh", en: Rutherford ARIS, Howard T. DAVIS y Roger H. STUEWER (editores), *Resortes de la creatividad científica: ensayos sobre fundadores de la ciencia moderna*, Fondo de cultura económica, México 1989, p. 150.

7. *Ibid.* La frase está tomada de la Introducción de Lindsay a la obra de Rayleigh citada en la nota anterior. En el original, el carácter humorístico de esa apreciación está acentuado, debido a la semejanza, todavía mayor que en castellano, entre *rigorous* y *vigorous*.

matemáticas a los problemas físicos, si bien puede perderse algo del rigor matemático, no hay ningún problema en mantener la intersubjetividad y en alcanzar la verdad.

Aunque las matemáticas no sean una simple traducción de la realidad, constituyen un poderoso instrumento para estudiar todo lo que puede relacionarse con los aspectos cuantitativos, y forman una parte esencial de la ciencia experimental.

Capítulo VII
Espacio y tiempo

En la caracterización de lo natural que hemos propuesto se encuentran entrelazados el dinamismo propio y la estructuración espacio-temporal. Continuando nuestra consideración de las dimensiones cuantitativas, vamos a examinar ahora otras dimensiones que se relacionan con el espacio, y también las que se relacionan con el tiempo. Consideraremos finalmente la estrecha relación que existe entre el espacio y el tiempo.

21. Localización y espacio

Las dos características espaciales básicas son *la extensión*, que se refiere al aspecto interno de las entidades, y *la localización*, que incluye relaciones con otras entidades. Ya hemos estudiado la extensión y las características relacionadas con ella. Ahora examinaremos la localización, y también *el espacio*, que es un concepto abstracto estrechamente relacionado con la extensión y la localización.

21.1. *La presencia local*

La localización o adjudicación de un «lugar» siempre incluye relaciones de unos cuerpos con otros, porque «dónde» se sitúe un cuerpo depende de su relación con los cuerpos circundantes. Ni siquiera es siempre fácil esa localización en la experiencia ordinaria: en efecto, aprendemos a localizar los cuerpos mediante un conjunto de experiencias muy variadas que tienen un valor limitado; por ejemplo, cuando intentamos situar los cuerpos lejanos fácilmente cometemos errores importantes. Las ciencias proporcionan procedimientos para conseguir localizaciones fiables en muchos casos que resultan difíciles e incluso imposibles para el conocimiento ordinario. Pero la localización siempre se refiere a algún marco de

referencia. Resulta lógico, por tanto, que tradicionalmente se haya afirmado que el accidente *dónde* (*ubi*, en latín, de donde se deriva la «ubicación» o localización) es un accidente extrínseco.

a) *La noción aristotélica de localización*

En la cosmovisión aristotélica, según la cual la Tierra permanecía inmóvil en el centro del universo, se afirmaba que los cuatro elementos (fuego, aire, agua y tierra) tienden hacia su «lugar natural» por su propia naturaleza. La región natural del fuego es la parte superior del mundo sublunar, fronteriza con los astros; la del aire es la región intermedia entre la anterior y la Tierra; la del agua se encuentra en la superficie de la Tierra; y la del elemento «tierra» se encuentra en el centro de la Tierra. Cada elemento tiende a moverse hacia su lugar natural, y los cuerpos sublunares, compuestos de los cuatro elementos, se mueven hacia un sitio u otro en función de su composición. En cambio, se pensaba que los cuerpos celestes estaban hechos de una materia diferente a los cuatro elementos (la denominada «quinta esencia»), y tendrían una perfección superior, participando de algún modo de lo divino; se pensaba que eran ingenerables e incorruptibles, y que poseían un movimiento circular y perpetuo en sus propias esferas: cada uno giraría en su propia esfera, siendo las diferentes esferas concéntricas, con la Tierra en el centro, de tal manera que la última esfera era la que contenía a las «estrellas fijas». Aunque las estrellas se mueven a grandes velocidades, se encuentran tan lejos de nosotros que los cambios en su posición relativa sólo se advierten al cabo de siglos, por lo cual parecen encontrarse siempre en la misma posición sobre una esfera que gira alrededor de la Tierra, efecto que, en realidad, se debe a la rotación que la Tierra realiza sobre sí misma cada veinticuatro horas.

Esa cosmovisión tuvo una gran influencia durante dos mil años, y fue uno de los aspectos criticados y superados por la nueva ciencia del siglo XVII. Desde ese momento, el concepto de «lugar natural» y de «lugar» en general dejó de tener un especial interés filosófico. En las ciencias es muy importante, por supuesto, determinar la localización de los cuerpos, pero se trata de un problema que debe abordarse con los instrumentos conceptuales y experimentales propios de las ciencias. Lo que es relevante desde el punto de vista de las ciencias no es establecer una localización «absoluta»; lo que interesan son localizaciones con respecto a sistemas de referencia.

Sin embargo, la idea aristotélica de localización corresponde a la experiencia ordinaria y expresa una característica real de las entidades naturales. En efecto, *encontrarse en un lugar determinado es algo accidental, pero real*. No es lo mismo encontrarse en un lugar que en otro. Incluso desde el punto de vista puramente práctico, la localización puede tener consecuencias muy importantes.

No es necesario admitir la cosmovisión aristotélica para advertir que la localización es algo real y que la idea aristotélica de «lugar» conserva su interés aunque se prescinda de los cuatro elementos y de los lugares naturales.

Aristóteles definió el lugar como *la superficie inmóvil del cuerpo continente, inmediatamente contigua al cuerpo localizado*[1]. Este concepto conserva su validez, con tal que se advierta que no pretende situarse en la línea de las definiciones científicas, y que la «inmovilidad» de que se habla es siempre relativa. Se trata de una idea próxima a la experiencia ordinaria. Así, un pez que está en el agua se considera que permanece en el mismo lugar si no se mueve, aunque el agua que lo rodea se desplace; evidentemente, siempre se supone que existe algún punto de referencia, por ejemplo una roca o la costa y el fondo del mar en el caso del pez: por tanto, la inmovilidad de la superficie circundante no es absoluta. Sin duda, la definición aristotélica tendría una gran importancia si la cosmovisión aristotélica fuese verdadera; como no lo es, su importancia es menor, pero, en la medida en que la «localización» es real, el concepto de «lugar» también tiene cierta realidad.

b) *La localización como modo de ser accidental*

Cuando atribuimos a los cuerpos una localización, nos referimos a algo real, aunque accidental. Podemos decir que la asignación de un lugar, o sea, lo que tradicionalmente se denomina «accidente *ubi*» (o «*dónde*»), se refiere a *un modo de ser real, accidental y extrínseco*, que consiste en *una determinación real en relación con las dimensiones de los otros cuerpos*.

Es algo *real* porque la localización supone que un cuerpo se encuentra en contacto con las dimensiones de otros cuerpos. Si se admite que el cambio de lugar, movimiento local o desplazamiento es algo real, también debe admitirse la realidad de la localización, sin la cual no tendría sentido hablar de cambio de lugar.

Es un modo de ser *accidental* porque no afecta al modo de ser esencial de la substancia. Desde luego, la ocupación de un determinado lugar puede tener importantes consecuencias e incluso puede provocar un cambio substancial, pero ello se deberá, en tal caso, a circunstancias particulares.

Además de real y accidental, es un modo de ser *extrínseco*, porque se predica de un cuerpo en relación a otros. Lo que es intrínseco a la substancia es tener dimensiones. Que esas dimensiones se encuentren en contacto con las dimensiones concretas de otros cuerpos es algo extrínseco, que no afecta por sí mismo a la constitución interna de la substancia.

De todos modos, la localización, en general, es un modo der ser propio de todas las substancias materiales. Lo natural existe en condiciones materiales, y una de ellas, muy importante, es la presencia circunscriptiva en un lugar. Por su propia naturaleza, lo natural ocupa algún lugar.

La localización se encuentra estrechamente relacionada con la cantidad, y de algún modo puede considerarse una consecuencia de ella. No obstante, dado que

1. Cfr. ARISTÓTELES, *Física*, IV, 4, 212 a 20.

la cantidad es un accidente intrínseco, parece más apropiado considerar la localización como un accidente distinto de la cantidad.

c) *Modos de presencia no localizada*

Además de la localización circunscriptiva, o sea, mediante la ocupación de un lugar en relación con las dimensiones de otros cuerpos, existen otros modos de presencia. Algunos se refieren a las substancias materiales y están relacionados con la presencia local; otros se refieren a las criaturas espirituales y a la presencia de Dios en el mundo creado: aunque el estudio de estos últimos sea propio de la metafísica, aludiremos también a ellos porque su consideración ayuda a obtener una visión más completa de las cuestiones que estamos considerando[2].

En primer lugar, algo puede estar presente en otra cosa *como la parte cuantitativa en el todo del que forma parte*: así, el corazón está contenido en el cuerpo de un hombre o de un animal. Evidentemente, en este caso se da una localización circunscriptiva, pero además se hace referencia a una unidad superior que contiene diversas partes relacionadas entre sí. Esto tiene gran importancia cuando se considera la estructuración espacio-temporal propia de lo natural. En efecto, la naturaleza está organizada en torno a pautas específicas, lo cual implica que existen relaciones igualmente específicas entre la posición que las diversas partes ocupan en las totalidades.

En segundo lugar, algo puede estar en otra cosa *como un acto en su sujeto*. Por ejemplo, puede decirse que el accidente está en la substancia de este modo, actualizándola de un modo real aunque no esencial. Este tipo de presencia, por sí misma, no es local o circunscriptiva. También suele decirse, en esta línea, que la substancia se encuentra toda en cada una de las partes de los cuerpos, y no se encuentra localizada en una parte concreta. Hablando del alma humana, se dice que está toda en todo el cuerpo y toda en cualquier parte del cuerpo; por eso no tiene sentido buscar un punto físico donde se unen el alma y el cuerpo: ese punto o lugar no existe, ya que el alma, como forma substancial, informa a todo el cuerpo y cada una de sus partes. Este modo de estar presente se denomina, en la terminología clásica, presencia *al modo de la substancia* (*per modum substantiae*), indicando precisamente que es así como la substancia se encuentra presente en todas sus dimensiones físicas. Aunque no se trate directamente de una presencia circunscriptiva, se dice que es circunscriptiva accidentalmente, porque se refiere a un cuerpo localizado: así, puede decirse que el alma se encuentra en las dimensiones a las que se circunscribe el cuerpo, y que «se mueve» cuando el cuerpo se traslada.

2. Tomás DE AQUINO trata este tema en su comentario a la *Física* de Aristóteles: cfr. *In Phys.*, IV, lectio 4.

Estas ideas se aplican en el ámbito de la teología, cuando se considera la presencia real de Cristo en la Eucaristía, donde Cristo está presente con su divinidad y con su humanidad, y por tanto con su cantidad extensiva, pero esa presencia no está localizada circunscriptivamente: de modo milagroso, las dimensiones del cuerpo de Cristo no establecen contacto con las dimensiones de los cuerpos circundantes, y la presencia de Cristo se realiza en este caso *al modo de la substancia*; esto permite comprender de algún modo que Cristo pueda estar presente, realmente pero no circunscriptivamente, en muchos lugares diferentes bajo las especies sacramentales, y que esté presente en cada parte de las especies sacramentales si éstas se dividen.

En tercer lugar, algo puede estar presente *como un individuo que forma parte de un conjunto ordenado*. Cuando se trata de substancias materiales, este tipo de presencia se relaciona estrechamente con el primero que hemos mencionado y con la existencia de estructuras y pautas espaciales. Pero aquí se habla de individuos completos, no solamente de partes, y además en este tipo de presencia también puede tratarse de substancias espirituales.

En cuarto lugar, *algo puede estar presente en todo lo que cae bajo su poder*. De este modo, puede decirse que alguien que tiene autoridad se encuentra presente de algún modo en lo que cae bajo su autoridad. Por ejemplo, la autoridad legislativa se encuentra presente en todo aquello que está regulado por las leyes que promulga, en la medida en que esas leyes hacen posible o promueven la existencia de determinadas situaciones. Como todo lo creado depende completamente de Dios, autor del ser de todo lo que existe, se da una presencia de Dios en todo lo creado, que abarca la acción fundante por la que Dios da el ser a todo, y la providencia o cuidado que Dios tiene de todos los seres de acuerdo con su plan.

En quinto lugar, existe una *presencia basada en la causalidad*, por la cual la causa está en el efecto que produce y el efecto está de algún modo en sus causas. Así, el artista está presente en sus obras de arte, lo conocido en quien lo conoce, lo amado en quien lo ama, y recíprocamente. En esta línea, Dios está presente en todo lo creado como su Causa Primera, autor del ser; se trata de la presencia más íntima que existe, ya que se extiende a todo el ser de todos los entes, como causa del ser mismo. Por este motivo, y teniendo en cuenta que el ser de Dios es distinto del ser de los entes, puede decirse que Dios es más íntimo a cada cosa de lo que ella es respecto a sí misma.

También puede decirse, por tanto, que *las criaturas están en Dios*, y muy especialmente las criaturas espirituales, por sus estrechas relaciones con Dios; en esta línea, en nuestra época algunos autores defienden un *panenteísmo* que, en sí mismo, nada tiene que ver con el *panteísmo*. Tal como lo expresan sus nombres, el *panenteísmo* (pan-en-teísmo) significa que todo está presente en Dios, lo cual, mientras se mantenga la distinción entre Dios y las criaturas, es verdad y coincide con lo expresado por San Pablo en su discurso de Atenas. En cambio el *panteísmo* (pan-teísmo) significa que, de algún modo, todo es Dios, o parte de Dios,

o manifestación de Dios mismo, lo cual es falso e imposible. Sin embargo, algunas versiones del panenteísmo no parecen respetar suficientemente la distinción entre Dios y las criaturas cuando, para explicar la acción de Dios en el mundo, presentan una imagen de Dios que resulta confusa; hablan, por ejemplo, de un «dios bi-polar» que, sin dejar de ser Dios, estaría sujeto a cambio, sufrimiento, etc.: este tipo de razonamiento se encuentra en algunas versiones de la «filosofía del proceso» (*process philosophy*) y la «teología del proceso» (*process theology*).

En sexto lugar, *algo está en presencia de alguien cuando está a su vista o, en general, bajo su conocimiento*. Podemos tener presentes cosas o personas en un momento determinado, en cuanto caen bajo nuestro conocimiento. También en este sentido, que se utiliza en la vida ordinaria, todo ente creado se encuentra bajo el conocimiento de Dios, ya que Él conoce perfectamente todo como causa primera de su ser; y nosotros podemos tener este modo de presencia de Dios, cuando nos sabemos vistos, escuchados y atendidos amorosamente por Él[3].

d) *La no-localidad en la física contemporánea*

En la actualidad han adquirido nuevo auge los problemas relacionados con la localización, por motivos relacionados con la física. Las discusiones en torno a la «localidad» y la «no-localidad» en la física cuántica tienen repercusiones científicas y filosóficas: se relacionan con la posibilidad de acciones físicas que se propaguen a una velocidad más rápida que la de la luz, y con la interpretación de la física cuántica[4]. Se trata, en pocas palabras, de saber hasta qué punto y de qué manera están conectados sucesos que en apariencia son independientes. Algunos experimentos parecen indicar que, en algunos casos, existen correlaciones que no corresponden a las ideas intuitivas[5].

Aunque se admita que la física adopta una perspectiva diferente a las de la metafísica y la teología natural, algunos interpretan los resultados actuales refe-

3. Tomás DE AQUINO habla a este respecto de la omnipresencia del Creador en el universo *por esencia*, *por potencia* y *por presencia*: cfr. *Summa Theologiae*, I, q. 8, aa. 1, 3 y 4.

4. Es un problema difícil y muy debatido, sobre el cual no existe unanimidad entre los científicos. Existe una amplia bibliografía. Puede verse, por ejemplo: M. REDHEAD, *Incompleteness, nonlocality, and realism*, Oxford University Press, Oxford 1987. Se atribuyen importantes repercusiones, tanto científicas como filosóficas, a este problema en: A. SUÁREZ, "Unentscheidbarkeit, Unbestimmtheit, Nicht-Lokalität. Gibt es unverfügbare Kausalverbindungen in der physikalischen Wirklichkeit?", en: H. C. REICHEL - E. PRAT (editores), *Naturwissenschaft und Weltbild. Mathematik und Quantenphysik in unserem Denk- und Wertesystem*, Verlag Hölder-Pichler-Tempsky, Wien 1992, pp. 223-264.

5. El experimento más citado en este sentido es el realizado por Alain Aspect y su equipo en París, en 1982. Viene a ser una versión del experimento ideal propuesto por Einstein en 1935, a propósito de las primeras discusiones sobre la teoría cuántica, conocido como experimento EPR por las iniciales de los autores del artículo donde fue propuesto en 1935. Se encuentra una breve introducción divulgativa a estos temas en: M. ARTIGAS, *El hombre a la luz de la ciencia*, Palabra, Madrid 1992 (capítulo «El microcosmos y el hombre»), pp. 47-70.

rentes a la no-localidad en la física cuántica como un puente que incluso podría arrojar nueva luz sobre la acción divina en el mundo[6].

Desde el punto de vista filosófico, se trata de temas sometidos a debate. En todo caso, la existencia de esas correlaciones parecería sugerir nuevas perspectivas sobre la unidad de la naturaleza y las conexiones estructurales entre sus componentes: por tanto, encontramos de nuevo todo lo contrario de la imagen analítica mecanicista.

21.2. *El espacio*

A partir de la extensión de los cuerpos y de las distancias entre ellos, construimos una noción general de *espacio* que ha sido objeto de múltiples interpretaciones tanto en las ciencias como en la filosofía. Consideraremos en primer lugar algunas interpretaciones del espacio que han tenido especial importancia, determinaremos a continuación qué tipo de realidad corresponde al espacio, y examinaremos finalmente la naturaleza y significado de los espacios matemáticos.

a) *La noción de espacio*

En la cosmovisión antigua, donde el universo se representaba como un conjunto «cerrado» de seres con unos límites fijos, el concepto de espacio tenía poca importancia; lo realmente importante eran los «lugares» que ocupaban o hacia los cuales tendían los cuerpos. En cambio, cuando se afianzó la física matemática en el siglo XVII, la situación se invirtió: el universo se representaba como contenido en el espacio homogéneo e infinito de la física newtoniana y, por el contrario, el problema de los lugares naturales dejó de tener relevancia.

Bajo la autoridad de Newton y sobre la base de un experimento que él consideraba concluyente (aunque realmente no lo era), se admitió que existía un espacio «absoluto», que poseía una existencia propia independientemente de su contenido, y en ese contexto se planteaba la existencia del «movimiento absoluto» con respecto a esa referencia fija. Incluso se identificó de algún modo el espacio absoluto con la inmensidad divina, afirmando que era una especie de sentido divino («sensorium Dei») que serviría de puente entre el mundo y Dios. Éste fue uno de los temas discutidos en la famosa correspondencia Leibniz-Clarke, en la cual Leibniz criticaba doctrinas newtonianas y Clarke las defendía[7].

Debido al enorme éxito de la física newtoniana, la idea del espacio absoluto fue admitida generalmente en la ciencia durante más de dos siglos, y tuvo impor-

6. Cfr. Alfred DRIESSEN y Antoine SUÁREZ (editores), *Mathematical Undecidability, Quantum Nonlocality and the Question of the Existence of God*, Kluwer, Dordrecht 1997.

7. Se encuentran las cinco cartas de Leibniz y las correspondientes respuestas de Clarke en: Eloy RADA (editor), *La polémica Leibniz-Clarke*, Taurus, Madrid 1980.

tantes repercusiones filosóficas: por ejemplo, influyó notablemente en la formulación de la filosofía kantiana. Kant advirtió correctamente que el espacio absoluto no podía tener existencia propia, pero, convencido de la verdad definitiva de la física newtoniana, sostuvo que ese espacio era una de las dos formas «a priori» de nuestra sensibilidad: nuestro aparato cognoscitivo estaría construido de tal manera que las sensaciones desordenadas captadas por nuestros sentidos vendrían integradas, en una primera fase, por esas dos formas, la del espacio y la del tiempo; que eran «a priori» significaba que su validez no derivaba de la experiencia. Bajo el influjo de Kant, el espacio fue considerado como una condición básica de nuestro conocimiento.

A finales del siglo XIX y principios del XX, se plantearon serias dudas en el ámbito científico sobre el carácter absoluto del espacio (y del tiempo). El experimento de Michelson-Morley, y la posterior formulación de la teoría de la relatividad especial por Albert Einstein en 1905, mostraron que el concepto de espacio absoluto era inadecuado. Una de las consecuencias de la relatividad especial es que las distancias no poseen el mismo valor cuando son medidas por observadores que se encuentran en diferentes sistemas de referencia. Además, en la relatividad se funden, de algún modo, los conceptos de espacio y tiempo en un continuo espacio-temporal. Esa nueva situación científica provocó nuevos planteamientos que se extendieron también al ámbito filosófico.

La situación se complicó de nuevo cuando, en 1915, Einstein formuló la teoría de la relatividad general. En efecto, la relatividad general ha sido interpretada como una «geometrización de la física», porque sustituye las fuerzas físicas por cambios en la curvatura del espacio-tiempo. Parecería, entonces, que el concepto de espacio no sólo recuperaba protagonismo científico, sino que se convertía en la trama básica de la naturaleza. Pero puede advertirse que también podría hablarse, y quizás más propiamente, de una «fisicalización del espacio»: en efecto, la equivalencia entre la curvatura del espacio-tiempo y las fuerzas muestra que el espacio-tiempo de que se habla es un modo de representar las interacciones físicas.

Las teorías actuales sobre el origen del universo se basan en la relatividad general, e intentan compaginarla con la física cuántica (por eso se denominan teorías de la «gravedad cuántica»). De acuerdo con algunas hipótesis, el espacio y el tiempo perderían su sentido intuitivo en los primeros instantes del universo; se habla de un estado original de «vacío cuántico» (que no es la «nada»: es un estado físico), en el que se habrían dado unas «transiciones topológicas» en las que se habrían formado por vez primera estructuras espacio-temporales, a partir de las cuales se originaría la materia. Estas teorías son muy hipotéticas y especulativas, y es muy difícil, por no decir imposible, determinar qué significaría una estructura espacio-temporal sin ningún tipo de materia, y cómo se podría originar materia a partir de una estructura de ese tipo.

b) *La realidad del espacio*

La noción de espacio se utiliza, en la experiencia ordinaria, para designar relaciones de distancia entre los cuerpos. En este sentido se habla del espacio recorrido por un cuerpo en movimiento, o del espacio que separa a dos cuerpos. Esas relaciones de distancia se dan en la realidad. Los cuerpos tienen extensión, y por tanto hay distancias reales entre sus partes y entre los diferentes cuerpos.

Si consideramos las dimensiones haciendo abstracción de los cuerpos, obtenemos relaciones puramente dimensionales, como las que se refieren a longitudes, superficies y volúmenes: por ejemplo, la distancia en línea recta entre dos puntos, el volumen de un cuerpo, etc. Estas relaciones de distancia son reales, pero cuando se consideran de modo abstracto, prescindiendo de la materia concreta, se obtiene una noción de espacio que, aunque se apoya en la realidad, es un concepto ideal que no corresponde directamente a una entidad natural.

Por tanto, el concepto de espacio surge de una ampliación de los conceptos de extensión y de distancia: engloba todas las extensiones y todas las relaciones de distancia. Propiamente hablando, *se trata de una idealización*: lo que existe en la realidad son cuerpos que poseen una extensión, junto con interacciones que se extienden hasta ciertas distancias. Mediante el concepto de espacio se intenta representar una especie de «recipiente» donde se encuentran esas realidades. Pero si el recipiente tuviera una realidad física, consistiría también en cuerpos e interacciones, y no sería un recipiente distinto de ellos. Por tanto, *el espacio no tiene realidad física propia*, independiente de los cuerpos e interacciones; se trata de un ente «ideal», de una «relación de razón» que sólo existe en nuestra mente, aunque en la realidad se encuentre un fundamento para construir ese concepto: el fundamento es la extensión real de los cuerpos y las relaciones de distancia.

El *espacio absoluto*, independiente de los contenidos físicos, sería una especie de receptáculo vacío que serviría para localizar a los cuerpos contenidos en él. Éste es el tipo de espacio que Newton afirmó: un espacio vacío, homogéneo, infinito, lugar de todo el universo corpóreo y de cada uno de sus componentes. Pero ese espacio no existe en la realidad. Es una construcción de la mente que, primero, abstrae las dimensiones considerándolas sin relación a los entes materiales concretos, y luego construye una noción en la que esas dimensiones se consideran extendidas indefinidamente. La física no necesita de este espacio, pues le basta con definir sistemas de coordenadas concretos que le sirvan como referencia, y no existe prueba alguna que permita afirmar su existencia. Desde el punto de vista filosófico, ese espacio no sería una substancia, pues sería el continente de todas las substancias; tampoco sería un accidente, pues se concibe como independiente de todo lo material: no se sabe, pues, qué tipo de realidad tendría.

Tampoco existe el espacio concebido como una *forma a priori de nuestro conocimiento*, como Kant lo hizo. En efecto, no es una noción independiente de la experiencia. Se trata, como hemos advertido, de una relación de razón que tie-

ne un fundamento en la realidad: la extensión real de los cuerpos y las relaciones de distancia. Kant identificó el contenido de la noción de espacio con el espacio de la geometría euclídea, dotado de las propiedades que le atribuía la física newtoniana (de cuya verdad definitiva estaba convencido); el ulterior progreso de las matemáticas, donde se han construido espacios no-euclídeos, y de la física, donde esos espacios han encontrado aplicación, mostró que la idea de Kant no es, en realidad, una parte o consecuencia o exigencia de la ciencia.

Las especulaciones actuales sobre el espacio y el tiempo en los primeros instantes del universo poseen, como se ha advertido, un carácter altamente hipotético. En cualquier caso, parece posible formular tres observaciones. Por una parte, tanto el espacio como el tiempo dependen de la realidad física: la acompañan como uno de sus aspectos; por tanto, si las condiciones materiales en el comienzo del universo fueron muy diferentes a las actuales, esto pudo verse reflejado en las relaciones espaciales y temporales, que pudieron ser diferentes de lo que muestra la experiencia ordinaria en nuestras circunstancias actuales. Pero, por otra parte, no tiene sentido afirmar, como en ocasiones se hace, que en aquellas condiciones podían darse procesos tales como la inversión temporal (viajes al pasado o prioridad temporal de eventos que conocemos como posteriores). Finalmente, tampoco tiene sentido postular la existencia, al principio, de un espacio-tiempo sin materia, que presuntamente podría haber surgido de la nada como resultado de un proceso cuántico; en efecto, aparte del sin sentido implicado en una creación sin Creador, no parece posible atribuir una realidad propia a un espacio-tiempo sin materia.

El espacio no puede identificarse con un *vacío ontológico* que, por principio, no sería nada y no puede existir como algo real. Cuando en las ciencias experimentales se habla del «vacío», ese término se utiliza para designar un estado en el que apenas existen unas pocas propiedades detectables; pero eso no excluye la existencia de todas propiedades materiales: por el contrario, el vacío de que habla la ciencia se define de acuerdo con propiedades determinadas, e incluso se distinguen diferentes tipos de vacío tales como el «vacío clásico» y el «vacío cuántico», que se estudian mediante teorías de la física. La noción de «nada» expresa más bien un pseudo-concepto, puesto que, por definición, no le corresponde absolutamente nada en la realidad. La existencia de un espacio vacío en el que no hubiera absolutamente nada carece de sentido.

En definitiva, *el espacio no es una entidad real: es un ente de razón con un fundamento en la realidad* (las relaciones de distancia que se dan en la realidad), y carece de realidad propia.

c) *El espacio en las ciencias*

Tradicionalmente, se ha llamado «geometría» a la rama de las matemáticas que se ocupa de las relaciones espaciales. Los entes geométricos, tales como los

diversos tipos de líneas, superficies y volúmenes, dan lugar a un amplio espectro de relaciones que son estudiadas por la geometría. En especial, la geometría de Euclides, formulada rigurosamente desde la antigüedad, parece describir las relaciones reales entre las figuras geométricas que existen en el mundo físico.

Sin embargo, ya se ha aludido a la construcción de geometrías no-euclídeas, que tuvo lugar en el siglo XIX como consecuencia de los intentos de probar qué sucedía si se negaba el quinto postulado de la geometría euclídea, según el cual desde un punto exterior a una recta puede trazarse una paralela a esa recta, y sólo una. Se comprobó que, si se prescindía de ese postulado, se obtenían geometrías diferentes, pero tan consistentes como la euclídea. En esas geometrías, por ejemplo, desde un punto exterior a una recta se pueden trazar infinitas paralelas, o ninguna; la suma de los tres ángulos de un triángulo no son 180 grados, sino más o menos de 180 grados; etc.

Aunque estos resultados parezcan anti-intuitivos a primera vista, es fácil comprender que pueden ser plenamente coherentes. Basta pensar en una geometría curva; por ejemplo, una geometría cuyas figuras se encuentren en la superficie de una esfera: en ese caso, la distancia más corta entre dos puntos no será una línea recta, sino una determinada curva, y la suma de los tres ángulos de un triángulo no será 180 grados.

Este ejemplo permite advertir no sólo que pueden construirse diferentes geometrías, sino también que pueden incorporar de diversos modos propiedades del mundo real. Por ejemplo, una geometría curva como la mencionada es la que realmente hemos de aplicar en la Tierra cuando calculamos desplazamientos grandes a lo largo de su superficie: el camino más corto desde París a New York no es una línea recta, sino curva, y los triángulos también se encuentran curvados. Este tipo de consideraciones adquirió especial relevancia cuando se advirtió que en la teoría de la relatividad se aplica una geometría no euclídea y se consiguen resultados mejores que los relacionados con la geometría euclídea en la física clásica. Es fácil advertir, además, que en nuestra experiencia ordinaria no vemos los objetos tal como se representan en la geometría euclídea, ya que nuestras imágenes dependen de las perspectivas y las distancias.

Por otra parte, el concepto de espacio se ha generalizado en las matemáticas, de tal modo que se aplica también a construcciones que no se refieren a figuras geométricas. Por ejemplo, se construyen espacios de infinitas dimensiones, y la mecánica cuántica se puede formular utilizando un formalismo que recurre al «espacio de Hilbert». En estos casos, ya no se plantea el problema de la correspondencia del espacio con la realidad; se trata más bien de construcciones nuestras, normalmente muy abstractas, que con frecuencia son buenos instrumentos matemáticos para el estudio de aspectos de la naturaleza que se encuentran muy alejados de la experiencia ordinaria.

22. Duración y tiempo

Hemos considerado las dimensiones espaciales de lo natural. Vamos a examinar ahora las dimensiones temporales, que constituyen también una parte esencial del modo de ser de lo natural. En efecto, es propio de los entes naturales existir en condiciones temporales; su ser no está realizado completamente en un instante: más bien se realiza sucesivamente.

La temporalidad es una determinación accidental, ya que una substancia no cambia su modo de ser esencial por el simple hecho de estar sujeta al paso del tiempo. Sin embargo, se trata de una característica que marca profundamente a todo lo natural y cuyo análisis resulta indispensable para comprender la vida humana, porque nuestra vida está marcada por la combinación de la temporalidad, que resulta de nuestra pertenencia a la naturaleza, y la trascendencia de la temporalidad propia de los seres espirituales.

Las dos características temporales básicas son *la duración*, que se refiere tanto a la permanencia en el ser de las entidades como a la magnitud de los procesos, y *la situación temporal*, que expresa las relaciones temporales con respecto a algún marco de referencia. Consideraremos ahora estas dos características, así como *el tiempo* que, como el espacio con respecto a la extensión y la localización, es un concepto abstracto construido a partir de la duración y de las relaciones temporales.

22.1. *La duración*

La duración se refiere a la *sucesión temporal*. La idea de la sucesión temporal se basa en nuestra experiencia inmediata; es una idea primaria que no puede explicarse recurriendo a otras más conocidas. La temporalidad del mundo material, incluido nuestro ser material, se presenta inmediatamente a nuestra experiencia.

Nuestra existencia no se agota en un instante: se extiende en una sucesión temporal; y lo mismo sucede con todas las entidades naturales. *La duración es algo real*. Además, la duración se refiere a una sucesión temporal que tiene una dirección única y determinada: el presente va dejando atrás la existencia pasada, que sólo permanece en el recuerdo y a través de sus consecuencias.

En la ciencia experimental, resulta útil conceptualizar el tiempo como una magnitud que sirve de punto de referencia para construir otras magnitudes: por ejemplo, la velocidad se refiere a la distancia recorrida en un tiempo determinado, y la aceleración se refiere a los cambios de velocidad en el tiempo. Muchos enunciados científicos expresan cómo cambian otras magnitudes con el paso del tiempo. El nacimiento de la ciencia experimental en el siglo XVII se debió, en buena parte, a que se encontraron métodos teóricos para definir velocidades y aceleraciones, y a que también se encontraron métodos para construir relojes que permiten medir el tiempo de modo fiable. El gran progreso en la construcción de

relojes mecánicos desde el siglo XIV fue uno de los factores que hicieron posible el posterior progreso de las ciencias.

En la ciencia experimental, el tiempo ha sido considerado, desde el siglo XVII hasta el siglo XX, como una «variable independiente»; transcurre de modo uniforme, sin ser afectado por los procesos que en él se desarrollan, e incluso resulta indiferente su dirección: las ecuaciones de la física clásica son correctas tanto si se supone que el tiempo transcurre desde el pasado hacia el futuro como en sentido contrario. En este contexto, se dice que los procesos descritos por esas ecuaciones son «reversibles».

Sin duda, tal perspectiva es legítima, y resulta fructífera para aplicar las matemáticas al estudio de la naturaleza. Pero *la duración real depende de las condiciones físicas y tiene un sentido que va del pasado al futuro*. El progreso científico ha puesto de relieve la direccionalidad de la sucesión temporal real, mostrando que la reversibilidad del tiempo es un artificio teórico que no refleja la irreversibilidad de los fenómenos reales: esto ya fue puesto de relieve por el segundo principio de la termodinámica y por las teorías evolucionistas en el siglo XIX, y ha sido subrayado con nueva fuerza en el siglo XX por los estudios científicos sobre los procesos irreversibles.

En el ámbito filosófico, Bergson destacó enérgicamente la función central que la duración real desempeña en la representación e interpretación de la naturaleza. No es necesario admitir toda la filosofía bergsoniana para advertir que, en este punto, tenía razón. Se trata de un aspecto al que se reconoce gran importancia en la cosmovisión actual y que, una vez más, muestra la conexión entre lo cuantitativo y lo cualitativo. En efecto, *la duración real no se reduce a una simple sucesión cuantitativa indiferenciada; por el contrario, supone actividad física, emergencia de novedades, situaciones irrepetibles*.

El entrelazamiento de lo temporal y lo cualitativo se manifiesta de modo típico en la existencia de *ritmos naturales*. Los ritmos son pautas temporales, y se encuentran por doquier en la naturaleza; de modo especial, en los vivientes: los procesos que se desarrollan en los organismos dependen esencialmente de procesos rítmicos o periódicos. Esto significa que los procesos naturales se articulan en torno a pautas típicas. Una vez más, el progreso científico muestra la importancia de los factores cualitativos: la perspectiva analítica redujo el tiempo a una magnitud matemática, homogénea, indiferenciada y reversible; pero a través de esa perspectiva se han conseguido muchos conocimientos particulares que han conducido, en el ámbito estrictamente científico, a una perspectiva sintética en la cual se han recuperado las características cualitativas de la duración real.

22.2. *Temporalidad, ser y devenir*

La temporalidad es una característica fundamental de los entes naturales. Todo lo natural tiene una duración, se encuentra unido a procesos. Vamos a con-

siderar ahora esa temporalidad propia del ser natural, en primer lugar, en relación con la duración de otras entidades o procesos naturales, y después, en relación con las entidades espirituales.

a) *La situación temporal*

Uno de los nueve accidentes aristotélicos es el *cuándo*, que se refiere a la situación temporal. Esa categoría expresa el modo de ser temporal de lo natural que, tanto en el ser como en el obrar, contiene una referencia al pasado, al presente y al futuro. Todo lo que se dice de lo natural incluye una referencia temporal de ese tipo.

De modo semejante al *dónde* espacial, el *cuándo* es una determinación relativa, porque sólo es posible hablar de ella con respecto a alguna referencia. Es, por tanto, una determinación *extrínseca*, ya que no expresa el modo de ser propio de las entidades a las que se aplica. Se trata, sin embargo, de una característica *real*, porque son reales las relaciones temporales que le sirven de base.

El carácter extrínseco y relativo del «cuándo», a semejanza de lo que ocurre con el «dónde», se manifiesta al considerar las relaciones temporales concretas: situamos algo en el tiempo en relación con otros procesos o sucesos. Pero esto no disminuye la realidad de la situación temporal: simplemente muestra que su determinación concreta ha de hacerse en relación con lo que sucede en el entorno.

Si, además, deseamos medir una duración, hemos de definir unidades de tiempo y hemos de determinar cómo se utilizan esas unidades para efectuar la medición. Por tanto, es preciso introducir estipulaciones. Sin embargo, la duración en que se basa la medición es algo real, y el progreso en la fabricación de relojes y en los procesimientos de medición permiten obtener mediciones extraordinariamente precisas.

b) *Grados de ser y duración*

En sentido estricto, el «cuándo» sólo se da en lo natural, cuyo ser se despliega de modo sucesivo mediante cambios. Sin embargo, de modo analógico se puede atribuir a los seres espirituales creados, que también pasan de potencia a acto según su peculiar modo de ser. En cambio, no se puede atribuir en modo alguno a Dios, que es Acto Puro y no tiene duración de ningún tipo.

Si consideramos la duración como la permanencia en el ser, podemos hablar de grados y modos de duración, que son correlativos a los grados y modos de poseer el ser.

La distinción básica al respecto es, evidentemnete, la que se da entre Dios y los seres creados. Dios es su Ser y, por tanto, es su misma duración, que se llama *eternidad*. En cambio, los seres creados no son su ser: tienen un modo de ser limitado a una esencia determinada y despliegan sus potencialidades de modo su-

cesivo; por este motivo, siempre están en potencia bajo algún aspecto, a diferencia de Dios, que posee el ser en toda plenitud y es la fuente de todo ser.

La eternidad es propia y exclusiva de Dios, y se sitúa en un plano diferente al de la duración de cualquier ente creado. Aun suponiendo que se diera un ente creado que no tuviera principio ni fin, no por eso sería eterno: al poseer el ser de modo limitado y no absoluto, estaría siempre en potencia respecto a posibles cambios, y se daría en él una duración según un antes y un despues. En cambio, la eternidad propia de Dios carece de todo tipo de sucesión, ya que en ella se da el Ser total y simultáneamente sin cambio ni sucesión de ningún tipo, en una especie de «eterno presente».

En el lenguaje ordinario suele identificarse la «eternidad» con la simple «duración indefinida», pero esa identificación fácilmente conduce a equívocos. En efecto, se piensa entonces que la eternidad de Dios es semejante a la duración de las criaturas, añadiéndole simplemente el carácter indefinido de esa duración: pero eso equivale a olvidar que Dios es Acto Puro que no sólo posee el ser, sino que es su Ser, por sí mismo. De aquí surge fácilmente otro equívoco, que afecta a la noción de creación, cuando se dice que el universo podría haber existido desde siempre y que, en consecuencia, no es necesario admitir la creación divina; entonces se confunde la esencial «dependencia en el ser» de toda criatura con respecto a Dios, con el origen temporal: sin embargo, es necesario admitir a Dios como fuente permanente de todo el ser, independientemente de la duración limitada o indefinida del ser creado. Tomás de Aquino dedicó un opúsculo entero a argumentar que el comienzo temporal del universo es algo que sólo conocemos por la revelación divina, y que nada impediría que Dios, si así lo hubiese querido, hubiese creado el universo «desde siempre» [8].

Cuando se identifica la creación divina con el origen en el tiempo, se tiende a identificar las pruebas de la existencia de Dios con las presuntas pruebas, que no existen, de la duración limitada del universo. Fácilmente se concluye entonces, de modo equivocado, que no se puede probar la existencia de Dios. Esta confusión se encuentra latente en muchas críticas de las pruebas de la existencia de Dios. Suele ignorarse que esta confusión ya fue denunciada hace siglos; Tomás de Aquino advirtió a los cristianos, en el siglo XIII, que si pretendieran establecer la duración limitada del universo como base para probar la existencia de Dios, se someterían a la burla de los no creyentes, que saben que no puede probarse la duración limitada del universo y podrían pensar que los cristianos admiten la existencia de Dios basándose en motivos insuficientes.

Otras confusiones surgen de intentos de explicar cómo puede Dios «estar implicado» realmente en el devenir de las criaturas, como si la acción divina so-

8. Cfr. Josep I. SARANYANA, "Santo Tomás. «De aeternitate mundi contra murmurantes»", *Anuario Filosófico*, 9 (1976), pp. 399-424, donde se encuentra el texto de ese opúsculo con introducción y comentarios.

bre el mundo exigiera de algún modo que Dios cambiara. Frente a los excesos del «deísmo», que reduce a Dios al papel de proporcionar la explicación última de la existencia del mundo pero, a la vez, le niega cualquier interés o intervención en el mundo una vez que éste existe, la «filosofía del proceso» y la «teología del proceso», pretendiendo explicar que Dios se compromete con su creación, afirman que, si bien Dios es eterno, debe poseer una cierta mutabilidad, pues en caso contrario no se entendería que realmente se encuentre comprometido en lo que sucede al mundo y a las personas. En este contexto se llega a hablar de un «Dios dipolar», que sería a la vez eterno y mudable. Sin embargo, no tiene sentido atribuir mutabilidad a Dios, que posee el ser de modo pleno. Aunque sea difícil explicar la relación de Dios hacia sus criaturas, es preciso respetar, como base de la explicación, la total perfección y trascendencia de Dios, pues en caso contrario se introducirían rasgos incompatibles con la divinidad. La revelación divina proporciona nuevas claves para entender esa relación a través de la Encarnación, pero el misterio de la trascendencia divina sigue presente; se trata, en cualquier caso, de un misterio «lógico», porque se entiende que Dios debe necesariamente ser eterno y debe trascender completamente lo creado.

En los entes creados hay diversos grados en el ser y en el obrar, y por tanto diversos grados de duración. *Los seres espirituales participan de la eternidad de Dios*, porque no están sujetos a la mutabilidad de lo material y son naturalmente inmortales: una vez que han sido creados, no pierden ya nunca su ser; sin embargo, tampoco son eternos en sentido propio, porque no poseen de modo pleno el ser, y experimentan los cambios propios de las operaciones espirituales (por ejemplo, una cierta sucesión de actos intelectivos). Ese especial tipo de duración suele ser denominado por los teólogos *eviternidad*. La eviternidad de las criaturas angélicas viene a ser un modo de duración intermedio entre el propio de las cosas materiales y la eternidad divina.

Los seres materiales están sujetos a duración temporal y a cambios substanciales. La materialidad implica, precisamente, una potencialidad radical, de modo que toda substancia material puede transformarse en otra u otras. Además, la duración de lo material implica que su ser se va realizando sucesivamente mediante la actualización de potencialidades.

Dentro del ámbito de los seres materiales, existen grados de ser y de temporalidad. Los vivientes poseen individualidad y tendencias, lo cual les permite tener una historia en un sentido superior al de los no vivientes: realizan sucesivamente sus potencialidades de tal modo que se puede hablar de desarrollo y perfeccionamiento en su ámbito propio. Entre los vivientes, los que están dotados de conocimiento poseen un nivel mayor de densidad ontológica, porque pueden conservar memoria de lo pasado y, en cierto modo, prever el futuro e incluso anticiparlo. Evidentemente, *la persona humana se encuentra en un nuevo nivel de temporalidad que incluye a la vez las características de lo material y de lo espiritual*. Participa, por su materialidad, de las características propias de la duración de los seres naturales, y a la vez trasciende este ámbito por su espiritualidad: es

una persona capaz de descubrir el sentido radical de los acontecimientos, tiene una responsabilidad moral que trasciende el hoy y ahora, formula proyectos que también trascienden las condiciones del momento presente, y está llamado a la participación en la eternidad divina propia de los seres espirituales.

La temporalidad humana, cuyo estudio corresponde a la antropología, da lugar a la historia, en la cual se encuadran aspectos específicamente humanos tales como la tradición y el progreso. El sentido de la historia es, también, una llamada a la responsabilidad humana, porque la libertad humana implica que no existen leyes históricas necesarias: el futuro del hombre está en sus manos y depende de su responsabilidad moral. La temporalidad humana se relaciona con la eternidad divina, porque cada persona está llamada a participar de la vida divina: se encuentra en el confín entre el tiempo y la eternidad, y las cosas temporales adquieren su sentido pleno cuando se contemplan a la luz del plan divino.

22.3. *El tiempo*

A partir de las dimensiones temporales, construimos una noción abstracta de «tiempo» que se utiliza tanto en la vida ordinaria como en las ciencias y en la reflexión filosófica. Examinaremos ahora, como lo hicimos con la noción de espacio, la noción de tiempo en tres apartados: la caracterización de la noción de tiempo, de qué modo esa noción corresponde a algo real, y cómo se utiliza la noción de tiempo en la ciencia experimental.

a) *La noción de tiempo*

Tanto en la experiencia ordinaria como en las ciencias, cuando se dice que ha transcurrido un cierto tiempo, el concepto de tiempo siempre se refiere a la medida de algún movimiento. En la vida ordinaria, puede bastar la referencia a la sensación subjetiva según la cual una duración «se nos ha hecho corta o larga». Con frecuencia, sin embargo, es preciso referirse a *medidas objetivas* de tiempo; en la ciencia experimental, esto se hace siempre, puesto que sólo así se puede utilizar un concepto intersubjetivo de tiempo.

Para medir el tiempo, es necesario escoger un movimiento que manifieste una regularidad uniforme, y a partir de él se toman unas unidades a las que se refiere cualquier otro movimiento. Así, la división del tiempo en años, días, etc., se basa en los movimientos de rotación de la Tierra sobre sí misma y de traslación alrededor del Sol, aunque actualmente se recurre a procedimientos más regulares y precisos que se basan en movimientos relacionados con los átomos[9].

9. En la actualidad existe una red de artefactos distribuidos por el mundo, que son relojes atómicos de haces de cesio y están controlados continuamente mediante procedimientos en los que intervienen señales de radio, televisión y satélites. Los datos son recogidos y analizados por la Oficina Internacional

Aristóteles definió el tiempo como *el número del movimiento según el antes y el después* («numerus motus secundum prius et posterius»)[10]. En esta definición se subraya que el tiempo mide cuánto dura un movimiento; por tanto, como medida, el tiempo corresponde a algo real (la duración del movimiento) y, a la vez, implica un sujeto que efectúe la medida[11]. El movimiento posee una cierta cantidad, que es fluyente, continua y sucesiva: no es la cantidad dimensiva relacionada con la extensión, sino una pluralidad de partes sucesivas.

En cuanto que es un *continuo*, el tiempo presenta analogías con el espacio. Así como el espacio se relaciona con la extensión, el tiempo se relaciona con la duración; y tanto la extensión como la duración son algo real y continuo, que *puede ser dividido indefinidamente*: siempre se pueden distinguir partes más pequeñas en la extensión y en la duración, sin que eso signifique que existan realmente infinitas partes en acto.

Puede decirse que el tiempo es como un accidente del movimiento, ya que es su medida en lo que el movimiento tiene de cantidad sucesiva.

La historia de los conceptos de espacio y tiempo coincide en gran parte[12]. En algunos sentidos, el concepto de tiempo es un concepto análogo al de espacio. Así, Newton definió un tiempo absoluto que, igual que el espacio absoluto, era independiente de todo contenido material. Kant adjudicó a ese tiempo absoluto, junto con el espacio, la función de ser una condición previa y permanente para toda experiencia sensible. La teoría de la relatividad supuso la relativización de los conceptos de tiempo y de espacio. Y, en la actualidad, se habla de estructuras espacio-temporales que tendrían una existencia propia, independiente de la materia. Vamos a examinar a continuación qué tipo de realidad puede atribuirse a lo que denota el concepto de tiempo.

b) *La realidad del tiempo*

El concepto general de tiempo es un concepto abstracto que supone una ampliación de los conceptos de duración y de relación temporal: engloba todas las duraciones y todas las relaciones temporales. El tiempo abstracto tiene un cierto carácter de totalidad, ya que la mente sitúa en relación con él todos los sucesos, tanto los pasados como los presentes y los futuros.

En este contexto, puede decirse que sólo existe realmente el tiempo presente; en efecto, el pasado ya no existe, y el futuro todavía no existe. En nuestro pen-

de Pesos y Medidas de Sèvres, cerca de París, y desde allí se transmiten las señales que se recogen y emiten por las radios.

10. Aristóteles, *Física*, IV, 11, 219 b 1-2.

11. Cfr. J. Conill, "¿Hay tiempo sin alma?", *Pensamiento*, 35 (1979), pp. 195-222; *El tiempo en la filosofía de Aristóteles. Un estudio dedicado especialmente al análisis del tratado del tiempo (Física IV, 10-14)*, Facultad de Teología San Vicente Ferrer, Valencia 1981.

12. Cfr. G. J. Whitrow, *Time in History: Views of Time from Prehistory to the Present Day*, Oxford University Press, Oxford 1989.

samiento podemos considerar el pasado y el futuro, pero fuera de nuestro pensamiento sólo existe el presente. Evidentemente, los sucesos pasados tienen repercusiones en el presente, y los presentes las tienen en los futuros: pero lo que existe ahora, independientemente de toda consideración mental, es el presente, con determinadas relaciones respecto a los sucesos pasados y futuros.

Teniendo en cuenta el paralelismo, parcial pero importante, entre los conceptos de espacio y tiempo a lo largo de la historia, algunas reflexiones que hemos expuesto a propósito del concepto de espacio pueden aplicarse, con las oportunas matizaciones, al concepto de tiempo.

En concreto, *el tiempo no corresponde a una entidad real*: son reales la duración y las relaciones temporales, pero el tiempo no tiene una existencia independiente de ellas. Por tanto, valen también para el tiempo las observaciones que a propósito del espacio se hicieron sobre la física newtoniana, donde se afirmaba, junto al espacio absoluto, un «tiempo absoluto» independiente de su contenido; ese tiempo absoluto no puede existir, porque sería preciso, para definirlo, contar con un movimiento que también fuera absoluto, lo cual es imposible.

Por otra parte, *el tiempo no es una condición de nuestro conocimiento*, al estilo kantiano, porque no existe un tiempo homogéneo, como un receptáculo vacío donde se sitúen los acontecimientos. Kant afirmó que espacio y tiempo son condiciones *a priori* del conocimiento sensible. Kant advirtió que el tiempo absoluto de Newton no podía existir en la realidad, pero, al estar convencido de la verdad de la física newtoniana, trasladó ese tiempo absoluto, con todas sus propiedades, desde la realidad hasta nuestro conocimiento, convirtiéndolo en una condición de todo nuestro conocimiento; el tiempo no dependería de la experiencia, ya que sería una de las condiciones de posibilidad de esa experiencia. Es cierto que encuadramos siempre la experiencia en el tiempo, pero no hay razón para identificar ese tiempo con las propiedades que Newton y Kant le atribuyeron, y hay razones, en cambio, para pensar que nuestro concepto de tiempo corresponde a experiencias reales y depende de ellas.

Tampoco parece posible hablar, como se hace en algunas teorías actuales, acerca de un espacio-tiempo independiente de la materia, como si fuera una entidad con una existencia propia que podría haber comenzado a existir cuando todavía no existía nada material. Aun suponiendo que se consiga formular una teoría científica en esa línea, habría que admitir que *la duración y las relaciones temporales poseen una realidad que no se identifica con los modelos de la física matemática*. Esta consideración nos conduce a examinar cómo se utiliza el concepto de tiempo en la ciencia experimental.

c) *El tiempo en las ciencias*

Al igual que sucede con el espacio, el tiempo es conceptualizado en la ciencia experimental de acuerdo con el objetivo general de esa ciencia: conseguir un

conocimiento de la naturaleza que pueda someterse a control experimental. En consecuencia, desde el siglo XVII el tiempo se define como una magnitud que puede ser objeto de tratamiento matemático y puede ser medida empíricamente.

En su mecánica, Newton distinguió el tiempo «absoluto», que transcurre de modo uniforme con independencia del mundo material, y el tiempo «relativo» que se refiere a los procesos particulares. Debido al gran éxito que la mecánica de Newton tuvo durante dos siglos, esa distinción se mantuvo en la física hasta que, en torno a 1900, entró en crisis y finalmente, en 1905, fue superada por la teoría especial de la relatividad de Einstein, donde el tiempo resulta ser una magnitud cuya medida no da siempre el mismo valor, pues depende del sistema de referencia que se adopte. Además, la teoría de la relatividad suele ser interpretada de tal modo que espacio y tiempo ya no son magnitudes completamente independientes; se admite, en cambio, que los fenómenos se desarrollan en un espacio-tiempo donde se encuentran unidas las tres dimensiones espaciales y la dimensión temporal.

La relatividad de las mediciones del tiempo en función de los sistemas de referencia (por tanto, en función del estado físico de quien mide y del objeto medido) parece resaltar un aspecto que fue subrayado en la antigüedad y olvidado bajo la presión de la física newtoniana: la existencia de un *tiempo propio*, relativo a cada proceso concreto. De acuerdo con la definición aristotélica antes citada, aunque puedan adoptarse sistemas estandarizados para medir el tiempo, en sentido estricto *a cada tipo de movimiento le corresponde un tiempo propio*. Frente al tiempo absoluto, homogéneo e indiferenciado, postulado como algo real por la física newtoniana y como una condición de nuestro modo de conocer por la filosofía kantiana, en la actualidad se advierte de nuevo que las dimensiones temporales reales se relacionan con los modos de ser específicos de las entidades y de los procesos. Sin duda, es posible adoptar sistemas estandarizados para medir el tiempo, pero lo natural se encuentra surcado por estructuras y pautas temporales que determinan sus características específicas, de tal modo que las medidas del tiempo deben verse afectadas por el estado físico de quien mide y de lo medido.

Por otra parte, otros desarrollos científicos han repercutido también sobre los problemas relacionados con el tiempo. Mencionaremos tres de ellos, que tienen una relevancia especial.

En primer lugar, el desarrollo de la termodinámica clásica durante el siglo XIX condujo a la aceptación general del denominado «segundo principio de la termodinámica», que parece sugerir la existencia de una «flecha del tiempo». Los procesos físicos pueden producirse en una dirección pero no en otra. En conjunto, la entropía de un sistema aislado, que mide el grado de desorden en un sistema, aumenta: si se produce mayor orden en algunos lugares, debe ser a costa de producir desorden en su entorno. En la termodinámica, este principio se expresa de formas más precisas; cuando se aplica al universo en su conjunto, parece sugerir una futura muerte térmica, ya que en conjunto el desorden físico aumenta.

En segundo lugar, se han producido grandes progresos en la física de los «procesos irreversibles», o sea, los que sólo tienen lugar en una dirección. Un proceso reversible es aquél que puede producirse en cualquiera de las dos direcciones posibles. La física clásica era principalmente una física de procesos reversibles, donde la dirección del tiempo no desempeñaba ningún papel relevante; en cambio, en nuestra época se ha conseguido tratar científicamente los procesos irreversibles, que son los procesos reales (en la física clásica había que traducir los procesos reales irreversibles en una suma de procesos reversibles, prescindiendo de aspectos importantes de los problemas). Estos avances también están relacionados con la «flecha del tiempo», y explican cómo se puede producir en la naturaleza orden a partir de estados de desorden; por este motivo tienen gran importancia en la cosmovisión evolutiva.

En tercer lugar, las teorías de la evolución, tanto cósmica como biológica, se refieren a un gigantesco proceso en el cual han aparecido sucesivos grados de organización. El tiempo se encuentra aquí en el centro de las explicaciones, e incluso se llega a plantear científicamente el problema del origen del tiempo.

Estas alusiones, que se podrían completar con referencias a otros avances de la ciencia, muestran que el tiempo se encuentra actualmente en el centro de la atención de los científicos. Vamos a desarrollar ahora con mayor amplitud uno de los aspectos que el progreso científico pone de relieve: la unidad del espacio y el tiempo.

23. La unidad de espacio y tiempo

Ya hemos aludido a la nueva unión entre espacio y tiempo que se da en la teoría de la relatividad, que también tiene otras consecuencias que afectan al espacio y al tiempo. Vamos a subrayar, a continuación, algunas de las implicaciones de esa unión.

23.1. *Espacio y tiempo en la teoría de la relatividad*

En la teoría de la relatividad, espacio y tiempo se encuentran no sólo relacionados, sino de algún modo unidos, formando un continuo espacio-temporal. Esta idea corresponde al entrelazamiento, que hemos subrayado, de lo espacial y lo temporal con las condiciones físicas reales y, por tanto, entre sí.

Aunque las relaciones espaciales y temporales respondan a la realidad, surgen dificultades nada triviales cuando se intenta medirlas. La teoría especial de la relatividad puso de relieve esas dificultades; Einstein señaló, en concreto, que las medidas de los intervalos tanto espaciales como temporales dependen de la situación del observador, y formuló las ecuaciones que permiten determinar las duraciones en los diferentes casos.

Esta dificultad resulta lógica y corresponde incluso a la experiencia ordinaria. Por ejemplo, obtendremos valores diferentes si medimos la duración de un fenómeno desde una situación relativa de reposo o desde un tren que pasa a gran velocidad por el lugar donde ese fenómeno tiene lugar; y algo semejante sucede con relación a las distancias. Cuando los fenómenos se desarrollan a velocidades muy grandes, los cambios en las medidas son también grandes, y resulta necesario utilizar las fórmulas de la relatividad especial.

Sobre esa base se han planteado algunos nuevos problemas con respecto a la situación temporal, que se refieren a la simultaneidad y a la relación entre pasado y futuro.

Sobre *la simultaneidad*, se plantea una pregunta desconcertante: ¿es posible afirmar que existen realmente sucesos simultáneos? Parecería imposible, en efecto, afirmar la simultaneidad real, ya que cualquier medición temporal se referirá a condiciones particulares de observación y las diferentes mediciones no coincidirán. Sin embargo, la dificultad sólo afecta a las mediciones concretas, no a la existencia real de la simultaneidad; aunque resulte imposible determinar la simultaneidad de fenómenos muy distantes mediante mediciones, es posible afirmar que esa simultaneidad existe en cada momento: ahora se están produciendo muchos fenómenos simultáneos en diversas partes de la Tierra y del universo, independientemente de las dificultades que podamos encontrar cuando intentamos determinar cuantitativamente esa simultaneidad. Si se prefiere, en lugar de hablar de «simultaneidad» se podría hablar de «co-existencia» o «contemporaneidad» para subrayar que las mediciones temporales se encuentran afectadas por las condiciones físicas. Puede resultar imposible para nosotros determinar por métodos físicos la simultaneidad; pero esta relatividad de las mediciones del tiempo no significa que tales mediciones sean arbitrarias: por el contrario, una vez que se establecen las condiciones en que se encuentra el observador, la teoría permite calcular cuál es el valor que se obtendrá al medir los intervalos temporales.

El problema de la simultaneidad condujo a la *paradoja de los mellizos*. Se trata de dos mellizos idénticos, uno de los cuales permanece en la Tierra mientras el otro viaja a gran velocidad en una nave espacial; cuando la nave vuelva a la Tierra, como las duraciones medidas en la nave y en la Tierra son diferentes, los mellizos tendrán diferente edad y, por tanto, aspecto también diferente. Sin duda, esta paradoja pone de relieve que, como hemos señalado, la duración real se encuentra entrelazada con las condiciones físicas concretas: unas condiciones diferentes producirán efectos también diferentes. Pero la interpretación de esta paradoja no es sencilla; diferentes autores, incluso el mismo Einstein, advierten que para interpretar correctamente esa posible experiencia deben tenerse en cuenta factores que eliminan las aparentes paradojas: por ejemplo, que la nave espacial viaja en diferentes direcciones cuando se aleja de la Tierra y cuando vuelve a ella, de modo que las duraciones relativas, e incluso los efectos físicos de ambos recorridos, podrían compensarse.

Otros problemas se refieren a *la relación entre pasado y futuro*. A propósito de la duración, hemos subrayado la irreversibilidad de las sucesiones temporales reales. Se ha afirmado, sin embargo, que los efectos relativistas podrían permitir, por ejemplo, los «viajes al pasado», que incluirían la insólita posibilidad de provocar cambios en los sucesos pasados y, por tanto, en las situaciones reales del presente. Esta extraña posibilidad se ha relacionado con «túneles de tiempo», que se relacionarían con las condiciones físicas exóticas que se darían, por ejemplo, en los agujeros negros. En este caso parecen confundirse las construcciones teóricas de la física matemática y la sucesión temporal real. En efecto, no pueden identificarse las posibilidades contenidas en un modelo matemático con las posibilidades reales, y no cabe apelar en este caso al éxito de las teorías científicas. Ya hemos señalado, por ejemplo, que la física clásica trata el tiempo como si fuera reversible; en realidad, esto no es cierto, pero ello no impide que la física clásica pueda aplicarse con gran éxito en numerosos casos: la aplicabilidad de una teoría no significa que todos los aspectos de los modelos que utiliza reflejen directamente la realidad. Estas observaciones valen también en el caso de las teorías actuales: *los procesos naturales son irreversibles*, y ninguna teoría matemática puede cambiar su sucesión temporal real. Esto no puede negarse apoyándose en la teoría de la relatividad: en esa teoría, el orden temporal de los sucesos se conserva cuando se consideran sucesos causalmente relacionados.

23.2. *Espacio y tiempo como condiciones materiales de la realidad*

Desde el comienzo, hemos considerado la estructuración espacio-temporal como uno de los dos grandes rasgos que sirven para caracterizar lo natural. Una vez que hemos examinado con mayor atención el espacio y el tiempo, podemos descubrir con mayor profundidad el significado de esa caracterización.

Evidentemente, afirmar que lo natural se caracteriza por un dinamismo propio que existe y se despliega en condiciones espacio-temporales implica afirmar que esas condiciones son reales. Nuestra conceptualización del espacio y del tiempo incluye construcciones nuestras, tanto en la vida ordinaria como, más aún, en la ciencia experimental, y los conceptos así construidos corresponden a la realidad en diferentes grados y de acuerdo con modalidades propias. Pero la extensión, la duración, y las relaciones de extensión y duración, son algo real.

Es importante subrayar que, en nuestra caracterización de lo natural, no sólo nos referimos al espacio y al tiempo: hablamos expresamente de *estructuración* espacio-temporal. Esto permite distinguir lo natural de lo espiritual, que puede estar íntimamente relacionado con lo espacio-temporal (como lo está en el caso de la persona humana), pero no incluye, en su modo propio de ser, estructuración espacio-temporal: la inteligencia, la voluntad, la libertad, la responsabilidad, la moral, se encuentran estrechamente asociadas, en nuestro caso, con condiciones ma-

teriales, pero tales condiciones materiales no son lo primario en esas dimensiones humanas.

Además, *la estructuración espacio-temporal es una característica de lo natural que adquiere un relieve cada vez mayor en la comprensión de la naturaleza*. El progreso científico nos abre nuevos panoramas siempre centrados en las *pautas espacio-temporales*, o sea, en configuraciones y ritmos que pueden repetirse y, de hecho, se repiten innumerables veces, con las variantes propias de los casos individuales.

Es fácil encontrar ejemplos ilustrativos en la ciencia contemporánea. De modo paradójico, las teorías del *caos determinista* subrayan la existencia de un cierto indeterminismo en la naturaleza pero, a la vez, muestran la existencia de pautas asociadas a los nuevos fenómenos. Los *fractales* consisten, precisamente, en pautas que se repiten en diferentes escalas; la gran importancia que se atribuye actualmente a este ámbito científico muestra que el conocimiento más profundo de la naturaleza conduce a una notable combinación de repetición y sutileza: en este ámbito, que abarca muchos fenómenos diversos, encontramos que resultados enormemente variados y complejos, que poseen una gran riqueza organizativa, son el resultado de la aplicación iterativa de algunos recursos relativamente simples. Una vez más podemos admirar *cómo se puede hacer tanto con tan poco*.

La representación de la naturaleza que resulta de estas consideraciones está muy alejada de la perspectiva mecanicista, que consideraba la naturaleza como el resultado de choques mecánicos entre porciones de una materia desprovista de dinamismo interno, y la reducía al esquema de las máquinas mecánicas. También está muy alejada de la ideología evolucionista que, yendo más allá de los datos proporcionados por las ciencias, intenta reducir toda la realidad al resultado de fuerzas ciegas. Si la naturaleza está construida de modo muy sutil en torno a pautas espacio-temporales, es fácil advertir que nos encontramos ante una *racionalidad materializada* que es el resultado de un dinamismo muy poderoso que se despliega de acuerdo con pautas temporales, se almacena en pautas espaciales, y se combina de mil modos produciendo nuevas pautas espaciales y temporales enormemente sofisticadas.

23.3. *Compenetración de lo espacial y lo temporal*

Con frecuencia se piensa en lo espacial y lo temporal como si se tratase de dimensiones completamente separadas, pero esta idea no corresponde a la realidad. Ya hemos señalado que en la teoría de la relatividad se unen ambas dimensiones. Vamos a añadir ahora algunas reflexiones conclusivas.

Podemos caer en la cuenta de la estrecha relación que existe entre lo espacial y lo temporal mediante un ejemplo bastante simple que suele admirar a quien no se ha detenido nunca en considerarlo. Se trata de nuestra visión de las estrellas. Es

bien sabido que las estrellas se encuentran a una enorme distancia de la Tierra. La más cercana se encuentra a unos 4 años-luz (un año-luz es la distancia que recorre durante un año la luz, viajando a 300.000 kilómetros por segundo); las demás se encuentran a decenas, centenares o millares de años-luz. Esto significa que cuando vemos una estrella que se encuentra a setecientos años-luz, la luz que llega a nuestros ojos salió de la estrella hace setecientos años. Por tanto, vemos la estrella tal como existía hace setecientos años, o sea, en la Edad Media. Cuando miramos a las estrellas las vemos tal como existían hace decenas, centenares o miles de años. Además, nuestra imagen de las estrellas como si estuvieran fijas en una esfera, con los dibujos de las constelaciones tal como se han descrito desde la antigüedad, no corresponde a la realidad: vemos las estrellas como si no cambiasen su posición relativa porque se encuentran enormemente alejadas de nosotros; pero se mueven rápidamente, y se encuentran a distancias muy desiguales de la Tierra.

Aunque podamos distinguir las dimensiones espaciales y las temporales, en la naturaleza ambas se encuentran estrechamente entrelazadas. Las configuraciones espaciales no son puramente estáticas; cuando son estables, su estabilidad es el resultado de equilibrios dinámicos. Por su parte, los ritmos dependen de las configuraciones; las potencialidades se encuentran almacenadas en estructuras espaciales y su actualización, que se realiza de acuerdo con ritmos temporales, depende de esas configuraciones.

Un ejemplo muy adecuado de todo ello es la información genética contenida en el ADN de los vivientes. El entrelazamiento de lo espacial y lo temporal es patente tanto en los procesos de transcripción y traduccción en los que se producen proteínas, como en los procesos de duplicación del propio ADN en la división celular.

La naturaleza se construye y funciona en torno a configuraciones y ritmos que se encuentran estrechamente relacionados. Bajo esta perspectiva, espacio y tiempo no son solamente conceptos abstractos, objeto de teorías científicas complejas y de reflexiones filosóficas abstractas. Más bien son condiciones básicas de la naturaleza, que existen en formas interrelacionadas y altamente sofisticadas que abren la puerta para una comprensión profunda de la naturaleza.

Capítulo VIII
Aspectos cualitativos

Lo natural posee modos de ser específicos que, si bien se realizan a través de las dimensiones cuantitativas, no se reducen a ellas. Ya se ha aludido anteriormente a la relación entre lo cuantitativo y lo cualitativo. Ahora, después de haber examinado con cierto detalle los diferentes aspectos de las dimensiones cuantitativas, nos encontramos en condiciones de analizar con mayor profundidad el significado de las propiedades cualitativas de lo natural.

Lo cuantitativo es una dimensión propia de los seres materiales. En cambio, existen cualidades tanto en los seres materiales como en los espirituales. Por este motivo, el estudio de las cualidades forma parte de la metafísica. En filosofía de la naturaleza sólo estudiamos las cualidades del mundo físico, pero ese estudio es importante para la metafísica, porque le proporciona la base sobre la cual puede construir con garantías una explicación general de las cualidades que pueda aplicarse también a las realidades espirituales.

Nos referiremos en primer lugar a las cualidades de las substancias materiales, analizando sus tipos y examinando cómo las conocemos. Después consideraremos de nuevo, a la luz de la perspectiva alcanzada, la relación entre lo cuantitativo y lo cualitativo, sobre todo por lo que se refiere al estudio cuantitativo de las propiedades cualitativas.

24. Propiedades cualitativas

Las cualidades son modos de ser accidentales o determinaciones de la substancia. Lo natural no sólo posee las dimensiones cuantitativas: por ejemplo, la magnitud no existe aislada, sino como magnitud de una substancia y de sus cualidades. Lo cuantitativo existe como una determinación de los modos de ser de lo natural.

El modo de ser esencial de las substancias viene expresado por su forma substancial. Pero existen también modos de ser accidentales, que pueden cambiar sin que cambie la esencia de la substancia, y que suelen denominarse *cualidades*.

24.1. *Virtualidades cualitativas de los seres naturales*

Vamos a subrayar, en primer lugar, que las cualidades determinan a la substancia en relación con su forma substancial, y que algunas de ellas son propiedades que, sin formar parte de la esencia, la acompañan necesariamente.

a) *Substancia, forma y cualidades*

El dinamismo se refiere a una característica fundamental de lo natural: la existencia de virtualidades que se despliegan a través de interacciones. Ese despliegue corresponde al modo de ser de las substancias, al carácter específico de cada substancia; por tanto, a su forma substancial. Pero no se identifica con ella. En efecto, una misma substancia, sin cambiar su esencia, puede desplegar unas virtualidades y no otras, y puede desplegarlas en distintos grados; si no fuese así, todas las substancias estarían desarrollando todas sus posibilidades de interacción en todo momento: y no es eso lo que sucede. Ni siquiera sería posible que sucediera, porque el despliegue de las virtualidades se realiza en función de las circunstancias presentes en cada caso, y las circunstancias pueden ser muy variadas: no pueden estar presentes a la vez todas las circunstancias posibles.

Esas virtualidades, que son modos de ser accidentales, suelen denominarse «cualidades». En el caso de la cantidad, el uso del singular expresa la unidad de la substancia extensa; en cambio, al hablar de las cualidades utilizamos el plural para expresar que en cualquier substancia existen cualidades diferentes.

Hablamos también de «virtualidades» porque se trata de propiedades que están presentes en la substancia a modo de posibilidades o potencialidades cuya actualización depende de las circunstancias. Este término expresa tanto potencialidades de actuar como de recibir una acción de otra substancia: aunque con frecuencia se habla de cualidades «activas» en el primer caso y «pasivas» en el segundo, desde un punto de vista general todas se despliegan mediante interacciones que incluyen dos o más sujetos, con independencia de que unos u otros puedan considerarse «agentes» o «pacientes».

En definitiva, *las cualidades son modos de ser accidentales*, porque no tienen una existencia propia independiente, ni se identifican con la esencia de las substancias. Son modos de ser que *se relacionan con la forma substancial*, porque vienen a ser determinaciones particulares que corresponden al modo específico de ser de cada substancia. Y *determinan a la substancia «a través de» la cantidad*, porque son modos de ser que se realizan en las condiciones cuantitativas;

la magnitud de una substancia, su configuración espacial, la estructuración temporal de los procesos que en ella existen, y, en general, las condiciones materiales, son como el telón de fondo sobre el que existen las cualidades, pero se trata de un telón de fondo que está compenetrado con los actores, formando una sola realidad: las condiciones cuantitativas imponen unos límites a lo cualitativo, que existe dentro de los límites de esas condiciones.

b) *Las cualidades como propiedades intrínsecas de la substancia*

Podemos añadir que *las cualidades son accidentes intrínsecos*, porque se refieren a modos de ser propios de la substancia. Aunque se trate de modos de ser accidentales, expresan determinaciones de las substancias en sí mismas, no en relación con otras. Sin embargo, como señalaremos inmediatamente, algunas cualidades se encuentran más estrechamente relacionadas con la esencia de las substancias que otras. Además, aunque se admita su carácter intrínseco, las cualidades se manifiestan mediante interacciones con otras substancias y con el sujeto que las conoce, de tal modo que es preciso determinar, en cada caso, lo que hay de objetivo en cada cualidad y lo que más bien corresponde a interacciones con otras substancias y con el sujeto que las conoce.

En cuanto *modos de ser*, suelen distinguirse dos tipos básicos de cualidades: las *propiedades*, que no forman parte de la esencia pero la acompañan necesariamente, y las cualidades puramente *contingentes* que pueden darse o no en una substancia concreta. Por ejemplo, las substancias químicas puras poseen propiedades bien determinadas que las distinguen (masa atómica, puntos de fusión o de vaporización, etc.) y, en cambio, pueden poseer otras cualidades que no son características (por ejemplo, presentarse bajo un determinado color, o encontrarse en estado sólido, líquido o gaseoso).

Las propiedades se emplean para definir las substancias. En efecto, no conocemos las esencias de modo directo ni completo y, por tanto, determinamos su modo de ser y su definición a través de sus propiedades.

Se distinguen también las cualidades *activas* y las *pasivas*. Las primeras se refieren a las modalidades de la actividad, y las segundas a la recepción de acciones de otros sujetos. Sin embargo, ya hemos advertido que esta distinción responde a criterios que en parte son convencionales, porque tanto las acciones como las pasiones son interacciones, y una substancia se califica como agente o paciente de acuerdo con determinados puntos de vista: por ejemplo, según se trate de un viviente o de una substancia inorgánica, de una substancia de mayor o menor tamaño, etc.

24.2. *Tipos de cualidades*

Existen muchos tipos de cualidades, y no todas se encuentran en todas las substancias. Ya hemos advertido que existen cualidades que acompañan necesa-

riamente a una esencia y se llaman *propiedades*, y otras que pueden darse o no en un determinado tipo de substancia y son, por tanto, cualidades *contingentes*.

Ahora vamos a considerar otros modos de clasificar los distintos tipos de cualidades. Nos referiremos en primer lugar a los cuatro tipos de cualidades que distinguió Aristóteles. En segundo lugar examinaremos las virtualidades o disposiciones. En tercer lugar nos referiremos a las cualidades que pueden ser captadas por los sentidos y que desempeñan, por este motivo, una función básica en nuestro conocimiento de la naturaleza.

a) *Cuatro especies de cualidad*

Al estudiar el significado de la *cualidad*[1], Aristóteles la designó con un nombre derivado del pronombre *poiós*, que significa «de tal o cual clase». La cualidad es aquello según lo cual los entes se llaman tales o cuales. Parece afirmar que lo cualitativo es lo que se da en la substancia además de lo cuantitativo.

Para Aristóteles, la naturaleza tiene características cuantitativas y cualitativas, y ambas son reales. Lo cuantitativo es la primera determinación de lo material, y lo cualitativo determina a los entes a través de la cantidad; por ejemplo, la blancura afecta a la superficie de un cuerpo. Lo cuantitativo posee una cierta primacía, porque los demás accidentes afectan a la substancia a través de la cantidad. Sin embargo, lo cualitativo es real, pues expresa los modos de ser de los entes.

Esta perspectiva se sitúa en continuidad con el realismo del conocimiento ordinario. Además, determina el modo de estudiar la naturaleza: en el contexto aristotélico, se adjudica la primacía a lo cualitativo frente al estudio matemático de la naturaleza, porque todo conocimiento se apoya sobre el conocimiento ordinario, basado en las cualidades de los cuerpos.

Según Aristóteles, el modo primero y más propio como se dice la cualidad es la *diferencia de la substancia*, que suele denominarse la *diferencia específica*. Por ejemplo, ser «racional» es la diferencia específica que define al hombre con respecto a los demás animales, que no son racionales.

Aristóteles distinguió *cuatro especies* de cualidades, advirtiendo que quizá podría aparecer algún otro tipo, pero que éstos son los que se llaman así con mayor propiedad: *el estado y la disposición*; *la capacidad y la incapacidad*; *las cualidades afectivas y las afecciones*; *la figura y la forma*.

Las cualidades de la primera especie son el *estado* (o *hábito*) y la *disposición*, que difieren por ser más o menos estables: son más estables los estados o hábitos, y menos estables las disposiciones. Los estados son también disposiciones, mientras que las disposiciones no son necesariamente estados. Aristóteles habla

1. Cfr. ARISTÓTELES, *Categorías*, 8, 8 b 25 - 11 a 38; *Metafísica*, V, 14, 1020 a 33 - 1020 b 25.

de «poseer un cierto estado» y de «hallarse en una disposición». Estas ideas se aplican no sólo en filosofía de la naturaleza, sino también en ámbitos como la ética y la teología moral, cuando se habla, por ejemplo, de las virtudes como hábitos estables, del estado de gracia santificante o habitual, o de las disposiciones morales.

Las cualidades de la segunda especie son la *capacidad* y la *incapacidad* naturales (o *potencia* e *impotencia*). Estas cualidades consisten en tener capacidad natural para hacer algo. Por ejemplo, en antropología se habla del entendimiento, la voluntad y los sentidos como potencias del alma, ya que son capacidades intelectuales o volitivas para actuar que posee el ser humano.

Las cualidades de la tercera especie son las *cualidades afectivas* (*patibilis qualitas*) y las *afecciones* (*passiones*). Aquí, los términos «afectivo» y «afección» toman su significado del verbo «afectar», y se refieren a las cualidades que afectan a los sentidos y cambian en las alteraciones naturales. Las cualidades que se estudian en filosofía de la naturaleza pertenecen, por lo general, a este tipo: son cualidades materiales o corpóreas, relacionadas con los cambios físicos, tales como el color, el peso o la densidad.

Las cualidades de la cuarta especie son la *figura* y la *forma*: triangular, recto, curvo. Obviamente, estas cualidades también entran dentro de la consideración de la filosofía natural, y es fácil advertir que ocupan un lugar muy importante, ya que se refieren a la estructuración espacio-temporal de lo natural.

b) *Virtualidades, disposiciones y tendencias*

Todas las cualidades pueden ser consideradas como «virtualidades», porque se trata de posibilidades que pueden actualizarse en función de las circunstancias. Y cualquier virtualidad equivale a una posibilidad real, a una potencialidad específica, que puede encontrarse más o menos próxima a su actualización. De acuerdo con los grados de esa proximidad, se puede hablar, de menos a más, de simples «virtualidades» o «capacidades», de «disposiciones», o de auténticas «tendencias».

Teniendo en cuenta que la actualización de las virtualidades depende de las circunstancias que la permiten o que la impulsan, también dependerá de esas circunstancias la calificación de una cualidad como virtualidad, capacidad, disposición o tendencia: por ejemplo, la afinidad de las substancias químicas se refiere a su tendencia a combinarse, y varía en las diferentes circunstancias. Una cualidad suele ser considerada como virtualidad, capacidad, disposición o tendencia en relación con las circunstancias habituales o con las más relevantes en un determinado contexto.

La existencia de tendencias es especialmente patente cuando los agentes forman parte de una organización unitaria estable. En efecto, en esos casos se dan las

condiciones que favorecen o provocan la actualización de unas virtualidades específicas. Es importante advertir que este caso es muy frecuente en la naturaleza, lo cual es una manifestación de su carácter altamente específico y tendencial.

El carácter tendencial de las cualidades ha sido negado, con frecuencia, debido a su conexión con la finalidad. Se trata, sin embargo, de un aspecto central de la naturaleza.

c) *Propiedades sensibles y propiedades inobservables*

Especial importancia tiene para nosotros la distinción de las cualidades entre aquellas que son sensibles y las que no lo son. En efecto, nuestro conocimiento de la naturaleza depende completamente de las primeras, porque se basa en lo que puede ser conocido mediante nuestros sentidos.

En cambio, la distinción es irrelevante en vistas a determinar el modo de ser de lo natural, ya que ese modo de ser podría permanecer idéntico incluso si desapareciera la humanidad (prescindimos aquí de los efectos de nuestra acción sobre la naturaleza).

Nuestros sentidos tienen un alcance muy limitado y su funcionamiento se refiere, ante todo, a las necesidades de la vida práctica. En tales circunstancias, resulta sorprendente el gran desarrollo de las ciencias, gracias al cual conocemos muchos aspectos de la naturaleza que son inaccesibles a la experiencia ordinaria e incluso se encuentran muy alejados de ella. Este progreso sólo es posible gracias a una peculiar combinación de la conceptualización y la experimentación; el método científico, basado en esa combinación, es una de las principales muestras de la inteligencia humana, ya que supone el alto grado de idealización que es necesario para construir modelos teóricos, así como la capacidad de relacionar las construcciones teóricas con los resultados experimentales, proyectando y realizando experimentos muy sofisticados: y todo ello supone la capacidad de interpretación y de argumentación.

Pero toda la ciencia experimental depende de los datos proporcionados por los sentidos. Incluso las teorías más abstractas deben ser comprobadas mediante consecuencias experimentales, cuya interpretación depende, inevitablemente, de los datos de la experiencia ordinaria.

Otros vivientes pueden captar cualidades que para nosotros resultan inaccesibles, o en un grado que supera nuestras posibilidades. En cualquier caso, la relación de las cualidades con nuestro conocimiento conduce directamente al problema de la objetividad de las cualidades.

24.3. *La objetividad de las cualidades*

En la perspectiva aristotélica, la cualidad se refiere a un *modo de ser*, o sea, a una *forma accidental*, que representa un aspecto de la realidad, una determina-

ción accidental que no se reduce a las dimensiones cuantitativas. La cantidad sin forma sería, por decirlo así, ciega. Negar lo cualitativo equivale a negar que existan realmente modos de ser.

Sin embargo, aunque se admita que existen cualidades reales en la naturaleza, existen algunos interrogantes que afectan a la objetividad que podemos atribuir a esas cualidades: ¿cómo las conocemos?, ¿podemos decir que las cosas poseen las cualidades tal como las percibimos nosotros?, ¿en qué medida se encuentra condicionado nuestro conocimiento por nuestro particular modo de acceder a la realidad?

a) *Cualidades primarias y secundarias*

En el mecanicismo cartesiano y en el empirismo post-cartesiano se acuñó una terminología que ha sobrevivido hasta la actualidad: las características cuantitativas tales como la magnitud, la figura y el movimiento local responderían a *cualidades primarias*, que son propiedades reales de la naturaleza, y en cambio, las cualidades sensibles como el color, el sabor, el sonido, etc. (los objetos directos de nuestros sentidos), serían *cualidades secundarias*, que no son propiedades reales, sino los efectos que las cosas producen en nuestros sentidos. Se establecía, por tanto, una dicotomía entre lo cuantitativo, que sería objetivo y se podría estudiar utilizando las matemáticas, y las cualidades que sólo existirían en el sujeto que conoce.

Esta dicotomía suele presentarse como si estuviese apoyada por la perspectiva cuantitativa de la ciencia experimental, que consigue estudiar las cualidades primarias de modo intersubjetivo, lo cual no es posible con respecto a las cualidades secundarias.

Para clarificar este problema es importante comprender la función de las matemáticas en el estudio de la naturaleza. Los conceptos matemáticos, especialmente los más abstractos, son construcciones nuestras. Es posible aplicar las matemáticas en las ciencias naturales porque definimos las magnitudes en relación con formulaciones matemáticas y con experimentos. El éxito de estas construcciones nada dice en contra de la existencia de cualidades.

El progreso científico permite conocer muchos procesos físicos que intervienen en la sensación, tales como los fenómenos electromagnéticos relacionados con la luz y la visión, y los mecanismos cerebrales relacionados con la percepción. Teniendo en cuenta los conocimientos actuales, no es difícil advertir las deficiencias del realismo y el subjetivismo extremos, que son las concepciones extremas acerca de la objetividad de las sensaciones y de las cualidades.

El realismo de las cualidades en su forma extrema, o sea, la doctrina según la cual las cualidades sensibles existen en la realidad tal como las percibimos, no parece sostenible. En los órganos de los sentidos recibimos señales que son codificadas y traducidas, y el resultado son sensaciones producidas de acuerdo con

nuestro aparato cognoscitivo. Por tanto, lo que nosotros percibimos, tal como lo percibimos, sólo existe en nosotros.

El puro subjetivismo acerca de las cualidades, según el cual existe una heterogeneidad radical entre la sensación y la realidad física, tampoco parece sostenible. Subestima que las cualidades corresponden, de algún modo, a propiedades de los objetos.

La solución del problema se encuentra en una vía media. Por una parte, la sensación y su contenido se encuentran sólo en un sujeto dotado de un organismo determinado. Pero, por otra parte, existe continuidad entre la sensación y la realidad exterior. Puede decirse que, *a través de la sensación, captamos propiedades reales de acuerdo con nuestro modo de conocer*. Para determinar en detalle las características de esas propiedades se requieren investigaciones específicas, y en ese terreno las ciencias desempeñan una función insustituible. Pero la misma ciencia sería imposible si no se admitiera la objetividad básica del conocimiento sensible, ya que lo utiliza continuamente y no puede ser sustituido.

Por ejemplo, la *visión* responde a un conjunto de interacciones de carácter físico y fisiológico. La *sensación* es subjetiva en cuanto experiencia personal, pero corresponde a lo real y puede ser objeto de comprobaciones intersubjetivas. Al afirmar que algo posee un *color*, se predica algo real, aunque esa predicación esté mediatizada por nuestro equipo sensorial y por las circunstancias físicas. Que el color corresponde a algo real se comprueba porque, cuando se observa algún objeto, en cada circunstancia se perciben efectos bien determinados[2].

Por otra parte, las cualidades denominadas primarias (tamaño, figura, posición, movimiento, velocidad) también dependen de nuestra conceptualización y de las circunstancias físicas. En cuanto cualidades perceptibles, son tan reales y subjetivas las primarias como las secundarias: ambas son el resultado de datos procesados e interpretados.

b) *El conocimiento de las cualidades*

Hemos afirmado que la cantidad es el primer accidente de la substancia corpórea. Esto significa que los demás accidentes afectan a la substancia a través de la cantidad. Así se explica el carácter primario de lo cuantitativo, pero también se advierte que reducir todo a lo cuantitativo es una extrapolación injustificada.

La naturaleza se compone de entidades que tienen modos de ser (formas, cualidades) cuya existencia se apoya sobre un sobre una base cuantitativa. En el nivel de la experiencia ordinaria captamos, a nuestro modo, ambos aspectos; y la reflexión científica y filosófica se dirige a conocerlos mejor.

2. Cfr. K. NASSAU, “Las causas del color”, *Investigación y ciencia*, n.º 51, diciembre 1980, pp. 56-72; A. TREISMAN, “Características y objetos del procesamiento visual”, *Investigación y ciencia*, n.º 124, enero 1987, pp. 68-78.

Estamos dotados de un *equipo sensorial* que nos permite tener *una* representación de la naturaleza que es *contextual* (depende de nuestro equipo cognoscitivo) y *parcial* (captamos unos aspectos y no captamos otros), pero *auténtica* (captamos, a nuestro modo, características reales). Ese conocimiento se desarrolla mediante la experiencia y está relacionado con *fines prácticos*: el reconocimiento de objetos, la orientación, la acción, la nutrición, etc. Además, ese conocimiento también *proporciona una base, parcial pero fiable e indispensable, para una reflexión ulterior*, que puede ser tanto científica como filosófica, dirigida hacia el conocimiento de los aspectos no manifiestos de la naturaleza.

No tiene sentido criticar la validez del conocimiento ordinario en nombre de la ciencia, ya que *el conocimiento ordinario constituye un supuesto básico de la ciencia*. Sin el conocimiento ordinario, ni siquiera podrían plantearse los problemas científicos, y tampoco serían posibles la observación ni la comprobación experimental.

Además, el progreso científico retro-justifica la validez del conocimiento ordinario, lo amplía, y eventualmente contribuye a precisarlo (por ejemplo, eliminando algunas valoraciones inadecuadas de la experiencia); pero no puede invalidarlo ni sustituirlo.

La ciencia experimental no siempre proporciona representaciones fotográficas de la realidad, como si fuesen una mera traducción del mundo externo. Utiliza lenguajes simbólicos, que son construcciones nuestras. Pero a través de esas construcciones, conocemos de modo contextual y parcial, pero auténtico, características reales. Esas características se refieren, de un modo u otro, a *modos de ser*, y pueden ser catalogadas, por consiguiente, en el ámbito de las *cualidades*.

Según su naturaleza y según el contexto de los problemas que se estudian, esas características pueden ser catalogadas como *virtualidades*, *capacidades*, *disposiciones* y *tendencias*[3]. No es difícil encuadrarlas dentro de las especies clásicas de la cualidad. No se trata de encajarlas de manera forzada, lo cual no tendría ningún interés; sino de advertir que corresponden a la idea clásica de cualidad y que, por consiguiente, esta idea conserva su validez.

c) *Reduccionismo y propiedades emergentes*

Existen dos grandes tipos de reduccionismo: el *ontológico*, que se refiere a la naturaleza y a sus diferentes niveles, y el *epistemológico*, que se refiere a las ciencias, o sea, a nuestro conocimiento de la naturaleza.

El *reduccionismo ontológico* es la doctrina según la cual los niveles superiores de la naturaleza no son *nada más que* simple suma de los elementos de los ni-

3. Cfr. R. HARRÉ, “Powers”, *The British Journal for the Philosophy of Science*, 21 (1970), pp. 81-101; I. J. THOMPSON, “Real Dispositions in the Physical World”, *The British Journal for the Philosophy of Science*, 39 (1988), pp. 67-79.

veles inferiores y, por tanto, se pueden reducir a ellos. El reduccionismo ontológico más radical afirma que, en último término, todo se reduce a entidades y procesos físicos. Como lo físico se suele identificar con lo material, este tipo de reduccionismo suele adoptar la forma de algún tipo de *materialismo*: se dice que, en el fondo, toda la realidad se reduce a lo material.

El *reduccionismo epistemológico* afirma que las ciencias se reducen, en último término, a las más básicas. Así, la biología se reduce a la física y a la química, de modo que, en realidad, no sería más que físico-química aplicada a los vivientes. El reduccionismo epistemológico más radical afirma, además, que las ciencias se reducen, en último término, a una combinación de experiencias sensoriales.

Ambas doctrinas encuentran serias dificultades. En el aspecto *epistemológico*, es cierto que el progreso científico permite tender puentes que conectan, cada vez más, unas disciplinas científicas con otras, y todas ellas con la física. Pero también es cierto que no es posible deducir los conocimientos de un nivel a partir de los conocimientos de los niveles inferiores. Ni siquiera es posible reducir la química a la física, y dentro de la física existen teorías cuya armonización es difícil. En el aspecto *ontológico*, existen diferentes niveles de organización que no se reducen sin más unos a otros. Por ejemplo, es cierto que los vivientes están constituidos por los mismos tipos de materiales que se estudian en la física y la química, pero también lo es que en los vivientes existen muchos tipos de organización y de funcionalidad que no existen en los otros niveles y que, por tanto, reclaman una perspectiva específica diferente de las que se adoptan en la física y la química.

Para expresar la irreductibilidad de unos niveles a otros, en la actualidad se utiliza con frecuencia el término *emergencia*. Este término ya tuvo un cierto auge en la primera mitad del siglo XX. A primera vista, significa lo contrario que *reducción*, o sea, que en los niveles superiores, sea de la naturaleza o de la ciencia, existen características emergentes, que salen fuera o están por encima de los niveles inferiores. Sin embargo, algunas doctrinas se presentan como *materialismo no-reduccionista* o *fisicalismo no-reduccionista*, intentando evitar las dificultades del reduccionismo pero afirmando, a la vez, que en último término todo se explica por medio de la evolución de lo material o físico. En efecto, es posible afirmar el emergentismo, que reconoce la existencia de propiedades *nuevas* en los diferentes niveles de la naturaleza, y al mismo tiempo sostener que las nuevas propiedades surgen simplemente de los niveles inferiores mediante sucesivos procesos de organización.

En cualquier caso, es importante advertir que en los sucesivos niveles de organización de la naturaleza aparecen propiedades realmente *nuevas*. Calificarlas como *emergentes* no es más que ponerles una etiqueta que, por sí misma, no explica nada. Las explicaciones deben provenir de las ciencias o de la filosofía. Aunque las ciencias consigan explicar cómo surge una propiedad nueva, esto no elimina las ulteriores preguntas filosóficas: podemos preguntarnos, por ejemplo,

por qué existen unas leyes físico-químicas tan específicas que hacen posible la organización tan sofisticada que posee la naturaleza, y cómo es que se producen sucesivos niveles de organización que contienen virtualidades para la ulterior producción de una organización cada vez más notable.

25. Cantidad y cualidades

La relación entre lo cuantitativo y lo cualitativo es muy estrecha. En los seres materiales, todas las cualidades se encuentran afectadas por la cantidad: existen en unas determinadas dimensiones, se encuentran ligadas a determinadas estructuras espaciales y temporales.

Después de haber analizado diferentes aspectos de la cantidad y de las cualidades, podemos ahora comprender mejor las relaciones que existen entre estas dos dimensiones de la realidad natural.

25.1. *Dimensión cuantitativa de las cualidades*

Cuando consideramos los seres naturales concretos, advertimos que la relación entre lo cuantitativo y lo cualitativo no es algo general y abstracto, sino muy concreto. En efecto, los modos de ser de las entidades naturales se encuentran fuertemente condicionados por las dimensiones cuantitativas. Por ejemplo, los insectos, las aves y los primates poseen características que se relacionan con la magnitud de sus organismos y con la proporción entre los tamaños de sus órganos.

Los diseños básicos que se dan en los seres naturales no son ni muchos ni arbitrarios. Existe una gran variedad de diseños particulares, pero son el resultado de la combinación de un número mucho más reducido de diseños básicos. Así, en un estudio sobre estos temas podemos leer: "Nuestro estudio va a centrarse en los diseños y formas que se presentan en el mundo natural. Estos diseños resultan ser particularmente restringidos, de modo que la inmensa variedad de formas que la Naturaleza crea surgen de la elaboración y reelaboración de un reducido número de temas básicos. Tales limitaciones son las que confieren armonía y belleza al mundo natural... En materia de diseños observamos que la Naturaleza tiene preferencias, entre las cuales se hallan las espirales, las formas serpenteantes y sinuosas, las ramificaciones y las uniones de 120û, diseños que se repiten una y otra vez. En este sentido, la Naturaleza obra como un productor teatral que presentara cada noche a los mismos actores caracterizados de forma diferente según sus distintos papeles... Una mirada detrás de las candilejas revela que la Naturaleza no tiene elección a la hora de asignar los papeles a los actores. Sus producciones se hallan limitadas por la escasez de los recursos y por las restricciones impuestas por el espacio tridimensional, así como por las relaciones existentes entre los dis-

tintos tamaños de los objetos y por un peculiar sentido de austeridad. Dentro del dominio de la Naturaleza, sólo pueden formarse cinco tipos de poliedros regulares, y ninguno más. De la misma forma, únicamente existen siete sistemas cristalinos y nunca aparece un octavo. El tamaño absoluto determina que el león no pueda volar ni el petirrojo rugir. Todos y cada uno de los elementos que forman parte de las distintas acciones que acontecen en el Universo deben atenerse a las reglas establecidas"[4].

En la misma línea, leemos: "Cada forma tiene su propio campo de dimensiones y se encuentra limitada tanto superior como inferiormente. Ahora bien, las distintas formas se asocian y actúan conjuntamente con otras de sus mismas características a fin de originar estructuras mayores y niveles superiores de organización"[5]. El autor al que pertenece esta cita se refiere a D'Arcy Thompson, quien publicó en 1917 un estudio que se suele considerar como pionero en esta línea. Aunque este tipo de estudios puedan contener ideas controvertidas e incluso superadas por el progreso ulterior, apuntan hacia una idea central que cada vez cobra más fuerza. D'Arcy Thompson lo expresó de esta manera: "Vamos así llegando a una conclusión que afectará a todo el curso de nuestra argumentación a lo largo de este libro: la de que existe una diferencia cualitativa esencial entre los fenómenos de la forma, según se trate de organismos grandes o pequeños"[6]. Y también: "Para empezar, hemos descubierto que la 'escala' tiene un marcado efecto en los fenómenos físicos, y que el aumento o disminución de dimensiones puede significar un cambio completo del equilibrio estático o dinámico. Finalmente, comenzamos a darnos cuenta de que existen discontinuidades en la escala que definen fases en las que predominan diferentes formas y diferentes condiciones"[7].

El progreso científico descubre nuevas relaciones entre lo cuantitativo y lo cualitativo. Las entidades y procesos naturales resultan de múltiples combinaciones de elementos, que no son muchos en número, y que pueden combinarse de modos muy específicos dando lugar a una gran variedad de resultados. Baste pensar, por ejemplo, en los 92 tipos de átomos que son la base de casi todo nuestro mundo, en las 3 partículas subatómicas que son los constituyentes básicos de estos átomos y de toda la materia, en las combinaciones que se forman tomando como base el átomo de carbono y que constituyen el soporte de la vida tal como la conocemos, en los 4 nucleótidos que constituyen los ladrillos de los que está hecho el ADN que contiene el programa genético de los vivientes, etc. Los *fractales* son un descubrimiento especialmente interesante en esta línea; se trata de formas que tienen una estructura determinada a cualquier escala de ampliación, de modo que son semejantes a sí mismos: pequeñas partes tienen la misma estruc-

4. Peter S. STEVENS, *Patrones y pautas en la naturaleza*, Salvat, Barcelona 1986, pp. 1-2.
5. *Ibid.*, p. 26.
6. D'Arcy Wentworth THOMPSON, *Sobre el crecimiento y la forma*, Hermann Blume, Madrid 1980 (edición original, 1917), p. 35.
7. *Ibid.*, pp. 45-46.

tura que la totalidad, y esto permite comprender cómo, sobre la base de pocas estructuras que se repiten de mil maneras, llega a producirse una enorme diversidad de formas naturales.

En definitiva, podemos afirmar que a las distintas formas naturales les corresponden determinadas magnitudes y formas matemáticas. Los modos de ser cualitativos no sólo se relacionan con lo cuantitativo, sino que dependen estrechamente de las formas y combinaciones cuantitativas. Al mismo tiempo, lo cuantitativo no es amorfo e indiferenciado: la naturaleza que conocemos es el resultado de la combinación de formas matemáticas muy específicas[8].

25.2. *La medición de la intensidad cualitativa*

En el ámbito de lo natural, cantidad y cualidades se encuentran estrechamente relacionadas y entrelazadas. Ahí se encuentra, precisamente, el fundamento del *estudio matemático de lo cualitativo*. Aunque las cualidades, consideradas en sí mismas, no puedan medirse, cuando se consideran en su realización concreta se encuentran siempre relacionadas con dimensiones cuantitativas y, por consiguiente, pueden ser objeto de estudio matemático: suele hablarse, en este sentido, de la *medición indirecta de las cualidades*.

De hecho, uno de los factores que hicieron posible el nacimiento sistemático de la ciencia experimental en el siglo XVII fue el avance en la medición indirecta de las cualidades, que fue desarrollada en los siglos anteriores con grandes dificultades (debido a su novedad). En esta línea tuvieron especial importancia los trabajos realizados en el siglo XIV en París y Oxford. Existían precedentes; por ejemplo, Roberto Grosseteste había insistido en la importancia fundamental de las matemáticas para el estudio de los fenómenos físicos y había aplicado la geometría a la óptica, impulsando la orientación científica de Oxford. En París, fueron importantes en este ámbito los estudios de Nicolás Oresme. Entre las contribuciones de Oresme a la física se cuentan la representación gráfica de las cualidades y la aplicación de esa representación al estudio del movimiento uniformemente acelerado. Oresme tiene la primacía indudable en dos aspectos centrales: la amplitud de problemas a los que aplicó los planteamientos matemáticos, y el uso de coordenadas para la representación gráfica de las variaciones en las cualidades y en los movimientos[9].

La medición de las cualidades es el fundamento de la aplicación de las matemáticas al estudio de las propiedades cualitativas de los cuerpos. Las ciencias

8. Esta idea se encuentra fuertemente subrayada, por ejemplo, en: Ian STEWART y Martin GOLUBITSKY, *¿Es Dios un geómetra?*, Crítica, Barcelona 1995.

9. Cfr. Mariano ARTIGAS, “Nicolás Oresme, gran maestre del Colegio de Navarra, y el origen de la ciencia moderna”, cit.

físico-matemáticas se basan, en buena parte, en la medición indirecta de las cualidades: como estas ciencias buscan un conocimiento de la realidad que permita la utilización de conceptos cuantitativos, y teniendo en cuenta que nuestro conocimiento de los cuerpos tiene lugar a través de sus cualidades, se advierte fácilmente que en la base del conocimiento físico-matemático se encuentran enunciados en los que el aspecto cualitativo está relacionado con el cuantitativo.

25.3. *Cualidades y magnitudes*

Hemos examinado anteriormente cómo se construyen las magnitudes científicas y cuál es el alcance del método físico-matemático. Ahora analizaremos un aspecto particular relacionado con las cualidades. En efecto, si las cualidades son propiedades reales, y si admitimos que la ciencia experimental proporciona un conocimiento auténtico de la realidad, deberían encontrarse en las ciencias conceptos relacionados con las cualidades.

La adscripción de cualidades a las entidades que estudia la ciencia no presenta problemas especiales cuando se estudian aspectos accesibles a la observación, tal como sucede, por ejemplo, en muchos fenómenos biológicos. En cambio, cuando se estudian aspectos inobservables, como sucede en la microfísica, los problemas son mayores, porque debemos recurrir a modelos matemáticos que no son una fotografía de la realidad. Sin embargo, también entonces se consiguen conocer vitualidades, capacidades, disposiciones y tendencias que las entidades poseen en virtud de su naturaleza propia. Sin duda, en algunos casos resulta difícil llegar a conclusiones ciertas acerca del estatuto ontológico de las entidades y de sus propiedades; pero esto se debe a las limitaciones de nuestro conocimiento. Si no se admitiera que la naturaleza está constituida por entidades que tienen una naturaleza y unas cualidades propias, la investigación científica carecería de sentido, y lo mismo sucedería con los enunciados científicos. Esto es compatible con el carácter abstracto de muchas formulaciones científicas y con la existencia de dificultades para determinar su alcance ontológico concreto.

Una de las manifestaciones de las cualidades en el ámbito científico se encuentra en los *términos disposicionales*, que indican la existencia de tendencias a actuar de modos determinados en ciertas circunstancias. Se ha discutido acerca de la realidad de esos términos; en ocasiones se argumenta que no son necesarios y no desempeñan ninguna función esencial en la ciencia: podrían ser sustituidos por términos puramente operacionales. Sin embargo, de hecho, la actividad científica no funciona de ese modo, y es frecuente la utilización de un vocabulario disposicional, que equivale a atribuir cualidades a las entidades científicas. En la ciencia experimental se recurre con frecuencia a propiedades disposicionales; basta pensar en propiedades tales como la resistencia eléctrica, la susceptibilidad eléctrica, la densidad, la solubilidad, la afinidad química y muchas otras: se trata de autén-

ticas magnitudes científicas que se refieren a cualidades, porque expresan virtualidades, capacidades, disposiciones y tendencias.

Quienes afirman que en la ciencia experimental no puede hablarse de virtualidades o tendencias utilizan argumentos tales como los siguientes. Se dice que los enunciados que expresan tendencias no pueden someterse a control experimental. Se añade que sólo se puede hablar de tendencias en el ámbito de la intencionalidad humana, y que atribuir tendencias a los entes naturales equivaldría a admitir una especie de panpsiquismo, o sea, que todo tiene vida e intenciones. Se dice también que la referencia a tendencias se presta a abusos metafísicos porque llevaría a ver finalidad donde no existe y a plantear problemas que surgen de un indebido antropomorfismo [10]. Un ejemplo que a veces se utiliza es el de las situaciones en las que no existen efectos detectables y que, de acuerdo con los defensores de las tendencias, se explicarían mediante el equilibrio de tendencias reales; es el caso, por ejemplo, de dos equipos que tiran en direcciones opuestas de una misma cuerda, de tal modo que la cuerda no se desplaza: si se recurre a tendencias, se afirmará que existen tendencias que actúan pero se equilibran.

Sin embargo, la existencia de tendencias reales parece innegable. En el nivel científico, el problema se refiere a la posibilidad de construir conceptos que permitan representar las tendencias y que tengan capacidad explicativa.

Quienes defienden la existencia de tendencias, resumen el problema en los siguientes términos. En la naturaleza existen diferentes tendencias o *potencias activas que responden a la naturaleza de las cosas*. Actúan de modo combinado y, para detectarlas, hay que recurrir a experimentos en los cuales se aíslan los efectos de las tendencias particulares. La naturaleza es un sistema *abierto* en el cual interfieren las diferentes tendencias, y para conocerlas hay que provocar la existencia de sistemas *cerrados*, en los cuales sólo intervienen factores que podemos controlar. En los sistemas cerrados, o sea, en los experimentos en los cuales se eliminan las interferencias no deseadas, se pueden obtener leyes naturales que expresan secuencias constantes; una vez que disponemos de esas leyes, podemos proceder a explicar lo que sucede en los sistemas abiertos del mundo real en términos de las leyes que expresan tendencias [11].

Según Rom Harré, una tendencia es una *potencia* que se encuentra como en suspenso, en camino de ser ejercitada o manifestada [12]. Harré afirma que ese concepto desempeña una función central en la reflexión filosófica acerca de la cien-

10. Se encuentran razonamientos de este tipo, por ejemplo, en: Q. GIBSON, “Tendencies”, *Philosophy of Science*, 50 (1983), pp. 296-308.

11. Un realismo de este tipo se encuentra, por ejemplo, en: Roy BHASKAR, *A Realist Theory of Science*, Leeds Books, Leeds 1975, pp. 33-36; Rom HARRÉ, *The Principles of Scientific Thinking*, Mac Millan, London 1970.

12. Cfr. Rom HARRÉ, *The Principles of Scientific Thinking*, cit., p. 278. Harré usa aquí y en muchos otros lugares el término *power*, que traducimos por *potencia*; se trata, evidentemente, de una potencia *activa* o capacidad de actuar.

cia: "Intento mostrar que el concepto de potencia (*power*) puede desempeñar una función central en una teoría metafísica conforme con una filosofía realista de la ciencia...; mostraré que las potencias no sólo son indispensables en la epistemología de la ciencia, sino que son el auténtico corazón y la clave de la mejor metafísica para la ciencia. Al hacerlo, mostraré que el concepto de potencia no es mágico ni oculto, sino tan empírico como podamos desear, e incluso más rico en capacidad que los conceptos a los que sucede...; debemos disponer del concepto de potencia para que la ciencia tenga sentido"[13].

En los análisis de Harré, el concepto de potencia (*power*) expresa potencia activa, poder, fuerza, energía, y se encuentra relacionado con los conceptos de disposición (*disposition*), propensión (*propensity*), dirección (*trend*), tendencia (*tendency*), y potencia pasiva o capacidad de intervenir en acciones provocadas por las potencias activas (*liability*). Todos ellos expresan aspectos relativos a capacidades y direccionalidad.

Según Harré, la afirmación de una potencia no es una aserción categórica acerca de la presencia de una cualidad, sino un enunciado condicional o hipotético genérico, ya que no especifica a qué tipo de cuestiones concretas se aplica, acompañado por condicionales subjuntivos que se refieren a casos en los que no se ha manifestado y que tienen la forma: «si se sometiera a tales condiciones, entonces sucedería tal efecto». Harré afirma que las entidades tienen potencias, incluso si no las ejercitan. La diferencia entre lo que tiene una potencia para comportarse de un determinado modo y lo que no la tiene, no se refiere a su actuación, ya que puede suceder que esa potencia nunca se ejerza; *la diferencia se refiere a lo que las entidades son*: es una diferencia en su *naturaleza intrínseca*.

En este contexto, las potencias corresponden al concepto clásico de *potencia activa*, y el concepto opuesto (*liability*), al de *potencia pasiva* . Harré señala que esos dos conceptos son los extremos de todo un espectro, en el que existen diferentes grados.

Harré advierte que, según el *realismo*, *existe una necesidad natural*, y lo que sucede responde al *modo de ser* de las entidades; en cambio, el *empirismo* sólo considera legítimo afirmar la existencia de *concomitancias* entre los eventos, negando la posibilidad de conocer *conexiones causales* reales que respondan a la naturaleza de las cosas. Pero las dos perspectivas conducen a dos tipos diferentes de investigación científica: la empirista buscará nuevos casos de concomitancias, y la realista buscará conocer mejor las causas y sus efectos; y *la investigación científica se lleva a cabo de acuerdo con la perspectiva realista*.

Las conclusiones de Harré coinciden básicamente con la línea de Bhaskar. Ambos defienden un realismo según el cual, para dar cuenta de la *inteligibilidad* en la ciencia, es necesario admitir que el *orden* que se descubre en la naturaleza

13. Rom HARRÉ, "Powers", cit., pp. 81, 83 y 85.

existe independientemente de la actividad humana. Ese orden consiste en la *estructura* y *constitución* de las entidades, y en las *leyes causales*. Para dar razón de la ciencia se requiere una *ontología* que proporcione una respuesta esquemática a la cuestión: *cómo debe ser el mundo para que la ciencia sea posible*[14].

Bhaskar y Harré subrayan con claridad que la ontología coherente con los conocimientos científicos actuales incluye, como ingrediente fundamental, la existencia de relaciones causales que se fundamentan en disposiciones, tendencias y capacidades; que estas características corresponden al modo de ser propio de las entidades; y que es necesario admitir ese orden natural para dar razón de la ciencia[15].

Las construcciones científicas no pueden identificarse sin más con las características reales de la naturaleza. Sin embargo, los supuestos básicos de la ciencia experimental incluyen la existencia de entidades naturales que poseen un modo de ser propio, que se manifiesta a través de disposiciones que tienen un carácter tendencial; y el progreso científico justifica esos supuestos y amplía su alcance. De hecho, la cosmovisión científica actual proporciona una base amplia para los conceptos de virtualidades, capacidades, disposiciones y tendencias, que reflejan las dimensiones cualitativas de la naturaleza.

25.4. *Aspectos reales de las magnitudes físicas*

Completaremos ahora nuestro análisis de las magnitudes científicas y de su relación con la realidad.

Una magnitud, en sentido científico-experimental, es un concepto que se define de tal manera que pueda someterse a tratamiento matemático, y al que se pueden asignar valores cuantitativos en relación con los resultados de la experimentación. Tales son, entre otros muchos, los conceptos científicos de «masa», «velocidad», «temperatura», «entropía», y «potencial eléctrico».

Existen magnitudes de muy diversos tipos. Algunas tienen relación directa con los resultados experimentales y se pueden medir mediante instrumentos (por ejemplo, la masa o la temperatura), y otras, en cambio, tienen un carácter más bien instrumental; se trata de magnitudes que se introducen para facilitar la conceptualización y el cálculo, sin pretender que tengan una contrapartida real directa (por ejemplo, el hamiltoniano o la lagrangiana).

Algunas magnitudes se relacionan con propiedades y conceptos de la experiencia ordinaria, al menos inicialmente (la masa, la fuerza, la energía, etc.), mien-

14 Cfr. R. BHASKAR, *o. c.*, pp. 27-29.

15 Los análisis de Bhaskar y Harré se sitúan en la línea del *experimentalismo*, representado también por Ian Hacking (cfr. I. HACKING, *Representing and Intervening*, Cambridge University Press, Cambridge 1983), y no están exentos de dificultades. Nos hemos limitado en el texto a señalar algunos importantes puntos de coincidencia.

tras que otras se original en teorías lejanas a la experiencia ordinaria. Pero en todos los casos *las magnitudes se definen y utilizan en el contexto de teorías científicas específicas*. Por tanto, para interpretar el significado real de una magnitud es imprescindible tener en cuenta el contexto en el que se define y utiliza.

Consideremos, como ejemplo que suele dar ocasión a bastantes equívocos, la *transformación entre materia y energía*, admitida en la física como una consecuencia de la teoría de la relatividad de Einstein. A veces es utilizada para afirmar que el concepto de substancia ya no es válido porque en definitiva todo es energía concentrada, o también para afirmar que es posible producir materia a partir de un estado en el que no existiría nada de materia, sino pura energía: este razonamiento se lleva, en ocasiones, hasta afirmar que es posible la creación del universo a partir de la nada mediante procesos puramente físicos, sin necesidad de un Creador. En realidad, la teoría de la relatividad sólo establece una relación cuantitativa entre dos magnitudes, la *masa* y la *energía*, afirmando que, en determinados procesos, se pierde una determinada cantidad de masa y se produce una determinada cantidad de energía, o al revés. Siempre se trata de procesos naturales que nada tienen de misterioso y que no permiten extraer consecuencias como las que se han mencionado. En algunos de estos procesos, los físicos hablan de *creación* o de *aniquilación* de partículas, pero no utilizan estos términos en su sentido filosófico o teológico. En física se defininen la masa y la energía en relación con procedimientos matemáticos y experimentales, y la física solamente afirma la existencia de determinadas relaciones cuantitativas entre tales magnitudes en procesos físicos específicos.

Para determinar el sentido real de las magnitudes, se ha de tomar como base su definición y su utilización en las correspondientes teorías científicas, evitando extrapolaciones pseudocientíficas. Por ejemplo, el concepto de *materia* no se identifica con el de *masa*. La masa, en física, es una magnitud que se define de modo muy específico. Es una magnitud *escalar*, a la que se asignan simplemente números, a diferencia de las magnitudes *vectoriales* como la velocidad, que tienen también una dirección y un sentido. Es una magnitud *aditiva*, lo que significa que las masas de varios cuerpos se suman mediante simple suma aritmética, mientras que eso no sucede con las magnitudes vectoriales, cuya suma incluye operaciones geométricas, ni con otras magnitudes escalares como la temperatura, ya que las temperaturas de dos cuerpos contiguos no se suman. Cada vez que se desea determinar cuál es la referencia real de una magnitud científica, o de un enunciado que relaciona magnitudes científicas, es necesario considerar todo este tipo de características; de otro modo, sólo se obtendrán especulaciones carentes de rigor.

25.5. *Lo cuantitativo y lo cualitativo en el conocimiento de lo natural*

Concluimos, en definitiva, que nuestro acceso a la naturaleza está condicionado enteramente por nuestro conocimiento de las cualidades; que ese conoci-

miento tiene un aspecto subjetivo (la sensación) pero, a la vez, permite captar aspectos objetivos de la realidad; que existen cualidades reales y que las conocemos de un modo contextual y parcial pero auténtico; y que el progreso científico nos permite conocer con mayor profundidad muchos aspectos cualitativos de la naturaleza.

Un mundo puramente cuantitativo sería inobservable. La ciencia experimental trasciende el ámbito del conocimiento ordinario, pero ha de tomarlo como un punto básico de referencia. En cualquier caso, la experimentación es inconcebible sin una dosis mínima de realismo acerca de las cualidades tal como se dan en el conocimiento ordinario.

Las magnitudes científicas nos llevan al conocimiento de las propiedades y de la naturaleza de los cuerpos. El conocimiento proporcionado por la ciencia experimental no se reduce a lo fenoménico ni a aspectos puramente cuantitativos; por medio de las ciencias, conocemos la existencia y características de muchas entidades, propiedades y procesos del mundo natural que de otro modo nos serían inaccesibles. Sin embargo, los enunciados científicos no son siempre una mera traducción o fotografía de la realidad, de modo que, para valorar su alcance, es preciso analizar el contexto concreto de las teorías que se utilizan en cada caso.

Por otra parte, *nuestro conocimiento de la naturaleza no se reduce al proporcionado por la ciencia experimental*. Sin duda, el conocimiento científico tiene una peculiar fiabilidad debido al rigor de las pruebas teóricas y de los experimentos que se utilizan, pero eso no permite negar la validez del conocimiento ordinario, que sirve de apoyo para las ciencias, ni de la reflexión filosófica o teológica, aunque éstas deban contar con los datos proporcionados por las ciencias cuando reflexionan sobre lo natural. El *cientificismo*, que considera a la ciencia experimental como el único conocimiento válido de la realidad, o al menos como el modelo que cualquier otra pretensión cognoscitiva debería imitar, carece de base científica y, en la medida en que se presenta como científico o como resultado de las ciencias, es una extrapolación pseudocientífica ilegítima. En efecto, ninguna ciencia, ni el conjunto de todas ellas, permiten juzgar la validez de lo que cae fuera de las ciencias.

Capítulo IX

Actividad y causalidad de los seres naturales

La causalidad es un tema de la filosofía de la naturaleza, que estudia su realización en el mundo físico, y también de la metafísica, que la estudia en toda su amplitud, incluyendo su realización en el ámbito espiritual.

Desde el principio hemos incluido el dinamismo propio como un factor básico de lo natural. Hemos considerado después los modos de ser, tanto substanciales como accidentales, que son a la vez la fuente de donde surge ese dinamismo y el resultado de su despliegue. Ahora vamos a considerar cómo se despliega el dinamismo natural a través de la acción física, lo cual nos conduce a examinar el tema de la causalidad tal como se da en la naturaleza.

26. Causalidad y acción física

El dinamismo natural se despliega mediante acciones de los sistemas físicos. Mostraremos a continuación que toda acción es una interacción, examinaremos los distintos tipos de interacciones, y consideraremos la causalidad eficiente, que es la causa directamente relacionada con la actividad.

26.1. *Dinamismo natural e interacciones físicas*

Si admitimos que todo lo natural posee un dinamismo propio, debemos concluir que la actividad física no es un aspecto más del mundo: es algo que penetra completamente toda la naturaleza. Encontramos por doquier acciones. Incluso lo que parece más estático se encuentra, propiamente hablando, en estados de equilibrio: en ese caso, los diferentes dinamismos actúan, pero sus efectos se nivelan.

Propiamente hablando, *la actividad natural consiste en interacciones*: nunca es obra de un agente completamente aislado, siempre implica la acción de unos seres o componentes sobre otros seres o componentes.

Si tenemos en cuenta la función central que en la naturaleza desempeñan los sistemas unitarios o substancias, advertiremos también que tiene especial interés relacionar las interacciones con las substancias. En efecto, las interacciones corresponden a las acciones de las substancias, de sus componentes o de sus agregaciones. Por tanto, parece lógico centrar el estudio de la actividad natural en las acciones de esos sujetos, o sea, en las *causas agentes* o *causas eficientes*.

Podemos afirmar que *el dinamismo propio de lo natural es causa de las interacciones de los seres físicos*. En efecto, cada ser físico posee una capacidad de actuar de muchos modos diferentes de acuerdo con las diferentes circunstancias; su dinamismo es una capacidad de actuar que no se agota en unas manifestaciones concretas, sino que se despliega de modos muy diversos en función de los demás dinamismos que intervienen en cada caso concreto: por tanto, en cada caso singular se produce una confluencia de dinamismos que dan lugar a interacciones concretas. La enorme variedad de resultados posibles es lo que hace necesario que, para estudiar los dinamismos naturales, debamos provocar artificialmente situaciones en las que podemos observar y experimentar aspectos particulares separándolos de otros.

A la vez, *los dinamismos naturales son resultado de interacciones físicas*. En efecto, las diferentes interacciones producen nuevos sistemas que poseen nuevos tipos de dinamismo, bien sea porque ese tipo de sistemas y dinamismos no existían con anterioridad, o porque se producen nuevos casos de algo que ya existía.

26.2. *Modalidades de las transformaciones naturales*

Las interacciones físicas producen los cambios naturales. Lo natural es cambiante. La mutabilidad es una condición básica de lo natural, que tiene un dinamismo propio que se encuentra realizado y se despliega en condiciones espacio-temporales: configuraciones espaciales que se producen y cambian, ritmos temporales que marcan la sucesión de los estados físicos.

En relación con los *efectos* que se producen, podemos distinguir dos grandes modalidades en las transformaciones naturales: los cambios substanciales y los accidentales. En los *cambios substanciales* se producen cambios en los modos de ser esenciales: deja de existir una substancia y se produce otra diferente, o se forma una nueva substancia a partir de varias que se combinan formando una nueva unidad, o se disgrega una substancia dando lugar a varias substancias diferentes. En los *cambios accidentales* permanecen la misma o las mismas substancias, y solamente cambian accidentes; sin duda, las substancias cambian en los cambios accidentales, pero sólo cambian accidentalmente: esta matización es importante

si se tiene en cuenta que muchas objeciones frente al concepto de substancia proceden de una idea según la cual las substancias serían lo que permanece a través de los cambios, como si fuesen una especie de substrato inmutable.

Ya hemos considerado con anterioridad, al examinar los procesos naturales, estas modalidades de los cambios o transformaciones naturales. También hemos señalado que son tres los cambios accidentales posibles: el cambio de lugar o *movimiento local*, el cambio en la cantidad que suele denominarse *aumento* o *disminución*, y el cambio en la cualidad que se denomina *alteración*. Y hemos advertido que *existe una jerarquía entre esos cambios*: el más básico es el movimiento local, luego viene el cambio cuantitativo, y por fin el cualitativo. Ahora podemos comprender mejor por qué esto es así y qué significa. En efecto, hemos visto que la cantidad y las cualidades se encuentran compenetradas, y que la cantidad constituye el marco básico espacio-temporal en el que existen las cualidades. Por tanto, todo cambio físico implica algún cambio de lugar, y todo cambio cualitativo implica algún cambio cuantitativo. Por otra parte, no hay cambios en el *cuándo* o situación temporal, porque el tiempo es precisamente medida de todos los cambios; tampoco los hay en la *relación*, que más bien es consecuencia de alguno de los cambios ya señalados; y tampoco en la *acción* y la *pasión*, porque estos accidentes, como veremos, acompañan a todo cambio.

Con respecto a la *duración*, suelen distinguirse cambios *instantáneos* y *sucesivos*. El *cambio sucesivo* se da cuando existe una sucesión a lo largo del cambio, tal como suele suceder en los cambios relacionados con lo material, que se encuentran afectados por las dimensiones cuantitativas (espaciales y temporales). *Cambios instantáneos* típicos son los cambios substanciales; aunque van ordinariamente precedidos por sucesivos cambios accidentales que acaban provocando un cambio substancial, este cambio, en sí mismo, se produce de modo brusco: dejan de existir un tipo de substancias y en el mismo momento comienzan a existir otros tipos, como sucede, de modo especial, en la generación y en la muerte de los vivientes.

26.3. *El orden físico y las cuatro causas*

Buscar la causa de algo es intentar explicar *por qué* aquello existe y tiene su modo de ser característico. La búsqueda de explicaciones se concreta, en buena parte, en la búsqueda de causas.

¿Qué es una causa? Una conceptualización clásica es la siguiente: *causa es el principio del que algo depende en su ser o en su hacerse*. Es un *principio*, pero no un principio cualquiera como podría ser un simple comienzo; se trata de un principio que influye realmente en el ser de lo que existe o en la producción de las transformaciones.

El estudio sistemático de la causalidad es un tema propio de la metafísica, pero, como sucede también con otros temas, las modalidades más básicas de la

causalidad son las que se dan en la naturaleza, y hacia ellas vamos a dirigir nuestra atención.

En el primer libro de su *Metafísica*, Aristóteles analiza lo que los filósofos anteriores han dicho sobre las causas, y expone su doctrina de las cuatro causas: *material*, *formal*, *eficiente* y *final*. Se trata de una doctrina enormemente influyente que continúa utilizándose porque recoge las modalidades básicas de la causalidad. Aristóteles encuentra un tratamiento de las primeras tres causas en sus predecesores, y considera como un timbre de gloria haber profundizado de modo original en el cuarto tipo, la causa final.

Ya nos hemos referido anteriormente a la causalidad, sobre todo a las causas material y formal. Expondremos a continuación las ideas necesarias para ofrecer una perspectiva sistemática de las cuatro causas, y desarrollaremos con mayor detenimiento las que corresponden al tema de este capítulo: la causa eficiente.

Las causas material y formal son *intrínsecas*, porque son la materia y la forma que constituyen los seres naturales. En cambio, las causas eficiente y final son *extrínsecas*, porque no se refieren al ser mismo de las entidades naturales, sino al agente que produce un proceso y al fin que guía su acción. Vamos a examinar cómo se suele caracterizar cada una de las cuatro causas de acuerdo con el esquema clásico.

Causa material es aquello a partir de lo cual algo se hace, y que permanece intrínseco a la cosa hecha. Se trata de la madera de una puerta, el vidrio de un ventanal, etc. Se habla de *materia segunda* cuando la causa material son substancias que sólo cambian accidentalmente. En cambio, se habla de *materia prima* para designar la materialidad común a todo lo natural, que puede considerarse como una especie de substrato de todo cambio, también del cambio substancial.

Causa formal es aquello por lo que algo tiene un determinado modo de ser. Es la *forma accidental* o modo de ser accidental que cambia en los cambios accidentales, o la *forma substancial* que expresa el modo de ser de las substancias y que no cambia en los cambios accidentales. Los diferentes accidentes son modos de ser accidentales y, por tanto, se pueden expresar como formas accidentales; en cambio, lo que suele llamarse *forma* en el lenguaje ordinario corresponde a la *forma* y la *figura* a que nos hemos referido al hablar de la cuarta especie de la cualidad en la filosofía aristotélica.

En el nivel substancial, materia prima y forma substancial son, respectivamente, causa material y formal. Pero son causas como principios constitutivos de la esencia de la substancia: no son cosas o seres completos, ni trozos o partes de los seres, sino principios que constituyen los seres como potencia (la materia) y acto (la forma). En el nivel accidental, la substancia se comporta como materia o sujeto (materia segunda), y los accidentes como formas (formas accidentales); también se relacionan como potencia y acto.

Causa eficiente es aquella de la que brota una acción que influye en el ser o en el hacerse de otra cosa. Esta es la acepción más común del término «causa» en el lenguaje ordinario. Se trata, por ejemplo, de la acción de golpear algo provocando su desplazamiento. Las causas eficientes son agentes o sujetos de las acciones. Y *causa final es aquello en vistas a lo cual algo se hace*. Se trata del objetivo o meta que el agente busca, de modo consciente o inconsciente, al actuar.

Hemos considerado las causas material y formal en capítulos anteriores, tanto en el nivel substancial como en el nivel accidental. Consideraremos la causa final más adelante. Vamos a detenernos ahora en el examen de la causa eficiente.

26.4. *La causalidad eficiente: noción clásica*

La actividad de las entidades naturales responde a su modo de ser. El clásico aforismo *el obrar sigue al ser* significa que una entidad puede realizar aquellas acciones que corresponden a su modo de ser: por tanto, a su forma substancial y a sus formas accidentales. Un agente es un sujeto natural que actúa, siempre de acuerdo con su modo de ser. Centraremos nuestra atención en la acción como actualización de las virtualidades que poseen los *agentes* o *causas eficientes*.

La causa eficiente es una de las cuatro causas aristotélicas: la material y la formal constituyen instrínsecamente los seres, la eficiente produce el movimiento, y la final señala su dirección. Aristóteles resume su doctrina con estas palabras: "Se llama causa, en un primer sentido, *la materia inmanente* de la que algo se hace; por ejemplo, el bronce es causa de la estatua, y la plata, de la copa, y también los géneros de estas cosas. En otro sentido, es causa *la especie y el modelo*; y éste es el enunciado de la esencia y sus géneros (por ejemplo, de la octava musical, la relación de dos a uno, y, en suma, el número) y las partes que hay en el enunciado. Además, *aquello de donde procede el principio primero del cambio o de la quietud*; por ejemplo, el que aconsejó es causa de la acción, y el padre es causa del hijo, y, en suma, *el agente*, de lo que es hecho, y lo que produce el cambio, de lo que lo sufre. Además, lo que es como *el fin*; y esto es *aquello para lo que algo se hace*, por ejemplo, del pasear es causa la salud. ¿Por qué, en efecto, se pasea? Decimos: para estar sano. Y, habiendo dicho así, creemos haber dado la causa. Y cuantas cosas, siendo otro el motor, se hacen entre el comienzo y el fin; por ejemplo, de la salud es causa el adelgazamiento, o la purga, o las medicinas, o los instrumentos del médico. Pues todas estas cosas son por causa del fin, y se diferencian entre sí porque unas son instrumentos, y otras, obras"[1].

1. ARISTÓTELES, *Metafísica*, V, 2, 1013 a 24 - 1013 b 4. Un texto casi idéntico se encuentra en: *Física*, II, 3, 194 b 23 - 195 a 1.

Aristóteles no utiliza la expresión «causa eficiente», cuya historia es compleja[2]. Habla de «aquello de donde procede el principio primero del cambio o la quietud», «la fuente primera del cambio o del llegar al reposo», «el principio del movimiento». Se trata, por tanto, de la «causa motriz» o «causa agente».

El núcleo fundamental de la doctrina aristotélica conserva su validez. En efecto, la actividad natural responde a un dinamismo cuya «fuente» se encuentra en el «interior» de los seres naturales: corresponde a su modo de ser esencial, a sus virtualidades o cualidades; y ese dinamismo se despliega en función de las tendencias internas y de las circunstancias externas que hacen posible su actualización.

El movimiento, como actualización de potencialidades, supone siempre sujetos dotados de dinamismo propio y circunstancias que condicionan su despliegue. En definitiva, el movimiento requiere unas causas que lo produzcan, unos sujetos del dinamismo natural. Esos sujetos son los sistemas unitarios o substancias, y las agregaciones de substancias.

26.5. *La causalidad eficiente ante las ciencias*

La existencia de causas agentes parece clara si nos atenemos a los datos de la experiencia ordinaria. Sin embargo, podría parecer que el progreso científico introduce nuevas dimensiones que obligarían a replantear el problema. Nos referiremos a continuación a algunas objeciones que pueden plantearse frente a la concepción clásica de la causa eficiente en nombre de las ciencias.

a) *Agentes e interacciones*

La ciencia experimental ha conducido en este ámbito a una situación un tanto paradójica: se dice, por una parte, que la ciencia sólo se ocupa de la causa material y de la causa eficiente, desechando, en cambio, el resto de las causas, pero, por otra parte, la noción de causa eficiente viene también puesta en tela de juicio. En efecto, la ciencia busca leyes que permiten determinar el comportamiento de los cuerpos bajo la acción de fuerzas, pero esas fuerzas no corresponden a *agentes*, sino más bien a *interacciones*. Por ejemplo, en el nivel físico fundamental, las explicaciones se centran en el modelo estándar de las cuatro interacciones fundamentales que se estudian mediante teorías de campos (gravedad, electromagnetismo, y las dos fuerzas nucleares). Por tanto, las distinciones clásicas entre *agente* y *paciente*, *motores* y *móviles*, parecen quedar difuminadas, y en su lugar la ciencia se centra en la determinación de fenómenos bajo leyes generales.

Sin embargo, la representación habitual de las acciones en términos de *sujetos agentes* conserva su validez, porque las interacciones suponen, de un modo u

2. Sobre la historia de ese concepto puede verse, por ejemplo: E. GILSON, "Notes pour l'histoire de la cause efficiente", *Archives d'histoire doctrinale et littéraire du Moyen Age*, 37 (1962), pp. 7-31.

otro, sistemas unitarios que son sus sujetos. Esto es patente en el caso de sujetos que poseen un alto nivel de organización, especialmente los vivientes; pero también en el ámbito de los seres no vivientes existen sujetos de las acciones: se trata de partículas, átomos, moléculas, macromoléculas, e incluso agregaciones que, si bien no son sistemas unitarios, se comportan como sujetos unitarios de las interacciones. Para explicar el movimiento, en las ciencias se utilizan modelos que, en ocasiones, no parecen aludir a causas agentes: por ejemplo, «ondas», «fuerzas» y «campos de fuerzas», «energía», «intensidad del campo». Sin embargo, siempre se supone que existen sujetos de las interacciones, y con frecuencia se alude expresamente a ellos.

b) *Acción y contacto*

Aristóteles afirmó que, en el ámbito natural, *la causa agente siempre actúa por contacto*: "mueve al móvil precisamente actuando sobre el móvil en cuanto tal. Pero esto lo hace por contacto, de modo que, al mismo tiempo, recibe una acción. De ahí que podemos definir el movimiento como la actualización del móvil en cuanto móvil, siendo la causa de ese atributo el contacto con lo que puede mover, de modo que el motor recibe también una acción. El motor o agente siempre será el vehículo de una forma, o bien un esto o un tal, que, cuando mueve, será la fuente y causa del cambio; p. ej., el hombre plenamente formado engendra un hombre de lo que es potencialmente un hombre"[3].

Sin embargo, también afirma que el contacto puede entenderse en un sentido amplio; por ejemplo, el cambio producido por la piedra que es arrojada y choca, se debe al agente que la arrojó, y existen, además, casos especiales: los cuerpos celestes actúan sobre los sublunares; el imán sobre lo que es atraído.

Prescindiendo de los ejemplos antiguos, se puede afirmar que, de acuerdo con los conocimientos actuales, *la existencia de contacto es un requisito para la acción natural*. Durante siglos se ha discutido la posibilidad de la «acción a distancia», sin contacto físico, y las teorías de «campos» parecerían apoyar esa posibilidad, ya que se refieren a interacciones que a veces (la electromagnética y la gravitatoria) influyen a grandes distancias. Sin embargo, también en esos casos se afirma la existencia de un cierto contacto: las interacciones se propagan con una velocidad finita, no influyen hasta que no transcurre el tiempo preciso para que «lleguen» al lugar donde actúan, y además se apoyan en «partículas» físicas que sirven de «mediadores» para la interacción[4].

3. ARISTÓTELES, *Física*, III, 2, 202 a 5-12. Cfr. también *ibid*., VII, 2: el capítulo entero está dedicado a estudiar ese problema. Es interesante advertir que, en en texto citado, se afirma que *en toda acción se da una interacción*.

4. Cada una de las cuatro interacciones fundamentales tiene asociadas una o varias partículas intermediarias: el fotón en el electromagnetismo, los hipotéticos gravitones en la gravedad, los gluones en la fuerza nuclear fuerte, y las partículas W y Z en la fuerza nuclear débil.

Otra objeción frente a la necesidad del contacto para la acción física podría provenir, tal como se vio al hablar del espacio y la localización, de las interpretaciones que afirman la no-localidad en la física cuántica. La dificultad de estos problemas lleva a subrayar que, si bien afirmamos la necesidad del contacto, existen no pocos interrogantes sobre qué significa esto y cómo se realiza. La necesidad de contacto no significa que las acciones físicas se reduzcan a «empujar» y «arrastrar», tal como viene sugerido por nuestra experiencia ordinaria, ni tampoco que la realidad deba representarse necesariamente recurriendo a imágenes corpusculares. Si nos preguntamos sobre la representación «última» de la actividad física, quizá debamos responder que, a pesar del progreso de nuestros conocimientos, sigue siendo muy difícil alcanzar una respuesta «última» a esa pregunta.

c) *El principio de causalidad*

De modo general, el principio de causalidad afirma que todo lo que existe debe tener una causa proporcionada que explique su existencia. Si se pretende aplicar este principio de modo completo, deberán tomarse en cuenta todas las causas que intervengan en cada caso. Aquí nos limitaremos a examinar cómo puede aplicarse al problema de la causa agente y la explicación del movimiento.

Desde esta perspectiva particular, el principio podría formularse expresando la necesidad de un agente para explicar el movimiento. Es conveniente advertir, desde el comienzo, que una explicación completa de las acciones y transformaciones deberá tener en cuenta también la acción divina fundante, que da el ser y la capacidad de obrar a todo lo que existe. Además, nuestro conocimiento es muy limitado, también en las ciencias, porque nuestro aparato cognoscitivo, si bien nos permite alcanzar conclusiones que para nosotros son extraordinarias, no nos permite agotar, ni de lejos, la explicación de la naturaleza. Por tanto, no podremos sorprendernos si, una vez más, tropezamos con los límites de nuestra capacidad de representación y explicación.

Un problema se refiere a la afirmación aristotélica según la cual *todo lo que se mueve es movido por otro*[5]. Aristóteles le dedica gran atención, puesto que ocupa un lugar importante en la prueba de la existencia del Primer Motor y, por tanto, en la conexión entre la física y la metafísica; y para demostrarla propone tres argumentos que, en parte, se relacionan con aspectos difíciles de su cosmovisión[6].

5. Tomás de Aquino la formula en lenguaje lapidario: *quidquid movetur ab alio movetur*; y la utiliza en el razonamiento de su primera vía para probar la existencia de Dios: cfr. *Suma teológica*, I, q. 2, a. 3, c.

6. Cfr. ARISTÓTELES, *Física*, VII, 1, 241 b 24 - 242 a 16; VIII, 4, 254 b 24-256 a 3; VIII, 5, 257 b 6-13. Tomás de Aquino expone y utiliza estos argumentos en la *Suma contra los gentiles*, libro I, capítulo 13, donde expone ampliamente la prueba que se encuentra sintetizada en la primera vía de la *Suma teológica*.

Esta afirmación parece oponerse al *principio de inercia* de la física clásica, según el cual la acción exterior no es necesaria para provocar el movimiento, sino sólo para provocar la aceleración o cambio del movimiento. Puede decirse, sin embargo, que el movimiento ha sido causado en algún momento por algún agente y que su permanencia se debe a las circunstancias físicas. Además, según el *principio de Mach*, la inercia se debe a las interacciones de un cuerpo con el resto del universo, y la teoría general de la relatividad la explica en función de las distribuciones de las masas: si esto es así, la inercia es un efecto debido a interacciones físicas, y no significa que los cuerpos mantengan su movimiento independientemente de causas externas. Esta interpretación parece bastante coherente.

También podemos preguntarnos cómo se compagina el *dinamismo propio* de lo natural con la necesidad de agentes externos para provocar el movimiento. Para responder, recordaremos que en toda acción se da una interacción: el despliegue del dinamismo depende de las circunstancias y, por tanto, de interacciones. Por consiguiente, en cualquier caso, existen acciones que acompañan a la actividad de los sujetos naturales; en el caso de los vivientes, cualquier acción supone interacciones físicas en el organismo y con el medio ambiente (sensaciones, procesos neuronales, etc.). Además, si llevamos nuestra pregunta hasta el límite, tropezaremos con la necesidad de dar un «salto metafísico», afirmando la acción divina fundante que explica, en último término, la existencia y la actividad de unos seres que no tienen en sí mismos su razón última del ser y del obrar. Este parece ser el sentido profundo de *la primera vía* de Tomás de Aquino para probar la existencia de Dios. En esta vía se reconoce que la actividad de las criaturas siempre supone un paso de potencia a acto, y que las líneas causales formadas por las criaturas sólo se podrían comprender, en último término, si se admite que existe un Ser que es Acto Puro, fuente de todo ser, fundamento radical del dinamismo de todos los entes creados. De modo semejante, en *la segunda vía* de Tomás de Aquino se considera que las causas agentes remiten, en último término, a una Causa Primera que fundamenta su actividad.

26.6. *Acción y pasión*

El estudio de la causa agente nos lleva de la mano a la consideración de dos accidentes de los nueve que Aristóteles enumera: la *acción* y la *pasión*.

a) *La acción y pasión como accidentes*

En la medida en que podemos distinguir sujetos unitarios de las interacciones, tiene sentido hablar, como lo hizo Aristóteles, de los accidentes *acción* y *pasión*. Por ejemplo, en el caso de los seres humanos es claro que somos sujetos activos de las acciones que realizamos y sujetos pasivos de las acciones de otros seres. Algo semejante cabe decir de otros vivientes, que tienen una unidad e individualidad bien definida; esta consideración se puede extender al ámbito de lo se-

res no vivientes en la medida en que tratamos de substancias, que son sistemas unitarios individuales, y también a las interacciones entre vivientes y no vivientes, y entre partes de esos seres.

Esta conceptualización se aplica incluso cuando se estudian fenómenos naturales muy alejados de la experiencia ordinaria, tal como sucede con las partículas subatómicas. En efecto, se habla de partículas que están sometidas a la acción de campos producidos por la actividad de otros sistemas. Las partículas interactúan, y las interacciones son precisamente acciones mutuas.

Considerada bajo la perspectiva de la filosofía de la naturaleza, *la acción es un accidente que consiste en la actualización de la potencia activa de una substancia*. Lo natural se caracteriza por poseer un dinamismo propio; pero ese dinamismo no está completamente actualizado según todas sus posibilidades: se actualizan algunas posibilidades, de acuerdo con las circunstancias presentes en cada caso particular (o sea, de acuerdo con la presencia de otros dinamismos). Por este motivo la acción es un accidente: es algo real que se da en un sujeto, es la actualización de alguna de sus potencialidades, pero no cambia el modo de ser esencial del sujeto.

Nos estamos refiriendo aquí a la *acción predicamental*, o sea, a la acción considerada como un predicamento o categoría, como uno de los accidentes. La realidad de este accidente puede advertirse fácilmente considerando qué sucedería si se negase; en tal caso deberíamos admitir que todos los sujetos están actualizando continuamente todas sus potencialidades, lo cual es evidentemente falso. Admitir la realidad de la acción equivale a reconocer que, en la naturaleza, los sujetos actúan desplegando cada vez sólo una parte de sus potencialidades.

Se puede decir que, mediante la acción, o sea, al actuar, al actualizar potencialidades, un sujeto (substancia o materia segunda) que posee una capacidad de actuar (potencia activa, acto primero, modo de ser) actualiza esa capacidad (pasa a acto segundo).

El aforismo *el obrar sigue al ser* expresa que todo sujeto agente actúa de acuerdo con las potencialidades que le son propias, que corresponden a su modo de ser. Por este motivo, el modo de ser de los sujetos se conoce a través de sus acciones. Cuanto más perfecto es un ser, tiene la capacidad de ejercitar acciones que son también más perfectas.

También es cierto que *las acciones perfeccionan al sujeto que las ejerce*, al menos desde el punto de vista ontológico, ya que equivalen a desplegar las potencialidades del modo de ser del sujeto. Evidentemente, puede suceder que la acción sea perjudicial para el sujeto, porque no sea la adecuada a sus conveniencias. Además, desde el punto de vista ético, aunque la acción posea una cierta bondad ontológica puede ser globalmente mala por estar mal orientada con respecto al fin último.

Por otra parte, cuando estas consideraciones se trasladan al ámbito humano, es especialmente importante reconocer que las acciones son accidentes. En efec-

to, por mucho que puedan perfeccionar o perjudicar a la persona que las ejerce, esa persona tiene siempre por sí misma, independientemente de sus acciones, la dignidad que corresponde a toda persona; siempre se le deben reconocer sus derechos humanos y siempre tiene el deber de actuar de acuerdo con su dignidad de persona.

A la *acción* de un agente corresponde la *pasión* en el sujeto que la recibe. Se puede decir que *la pasión es un accidente que consiste en la actualización de la potencia pasiva de una substancia, bajo la acción de una causa eficiente*.

Las acciones y pasiones en el mundo físico implican cambios, ya que de algún modo siempre suponen un contacto material. Al actuar, los agentes cambian, y al recibir acciones, los sujetos que las reciben cambian también.

Existen divesos *niveles de causalidad* en los seres naturales, que poseen potencias activas de diversos tipos y, por tanto, son capaces de realizar diversos tipos de acciones. Los *seres no vivientes* poseen potencialidades que se estudian en la física y la química. En en nivel fundamental, los conocimientos actuales remiten a las cuatro interacciones básicas que ya se han mencionado, las cuales, en los sucesivos niveles de organización, dan lugar a diferentes modalidades de interacción: la afinidad que lleva a los enlaces químicos entre átomos, las fuerzas intermoleculares, la actividad de las macromoléculas bioquímicas tales como las proteínas y los ácidos nucleicos, etc. Los *vivientes*, además de las potencialidades físico-químicas, poseen las potencialidades que se refieren a las acciones vitales como la nutrición, la reproducción, el conocimiento sensitivo y las tendencias sensitivas.

b) *Acciones transitivas e inmanentes*

La consideración de las acciones de los seres vivientes nos conduce a distinguir dos grandes tipos de acciones, que se denominan *transeúntes* e *inmanentes*.

Las *acciones transeúntes* son aquéllas que tienen un efecto exterior al propio agente. Son típicamente las acciones físicas, que constituyen *el predicamento o accidente acción* al que nos hemos referido casi exclusivamente hasta ahora. En la terminología clásica, el término *acción*, sin calificativos, suele utilizarse para designar las acciones transeúntes.

Las *operaciones inmanentes* son aquéllas cuyo término se encuentra en el propio agente que, por lo tanto, se perfecciona a sí mismo al actuar. Suelen considerarse como típicamente inmanentes el conocimiento y el amor. Obviamente, existen acciones que incluyen a la vez aspectos transeúntes e inmanentes. Incluso puede decirse que, en el ámbito de los seres naturales, cualquier operación inmanente tiene dimensiones materiales y, por consiguiente, incluye acciones transeúntes. Sin embargo, acciones tales como ver, oír, pensar, razonar, captar intelectualmente una verdad, amar el bien, aunque en su ejecución conlleven acciones físicas que les sirven de base, suelen considerarse como operaciones in-

manentes que permanecen dentro del sujeto y lo perfeccionan. El obrar inmanente es propio de la vida, y especialmente de la vida espiritual; supone un modo de ser y de obrar en el que existe una autonomía específica y una perfección mayor que en otros niveles.

Con las operaciones inmanentes propias de los seres humanos llegamos a un nivel que, si bien está estrechamente relacionado con la naturaleza, la trasciende. Especialmente el conocimiento intelectual y el amor de amistad se elevan por encima de las limitaciones propias de lo material; a diferencia de lo material, que siempre se encuentra particularizado y sólo se puede participar por división, el conocimiento intelectual y el amor de amistad se pueden multiplicar indefinidamente sin que disminuyan: por el contrario, más bien suelen aumentar en profundidad y en dignidad cuando se participan en mayor medida.

26.7. *Causalidad y emergencia de novedades*

Hemos aludido al problema de la emergencia en capítulos precedentes. En la naturaleza encontramos diferentes niveles de organización, cada uno de los cuales posee características nuevas que no existen en los otros niveles, y que suelen considerarse como *emergentes* con respecto a los niveles de menor organización.

La emergencia de novedades exige que se den las causas que la hacen posible. Cada vez se conocen mejor los procesos naturales que conducen a esa producción de novedades; de hecho, una parte importante de los avances científicos contemporáneos se refieren a este tipo de procesos, que suelen agruparse bajo el título de la *complejidad*.

Son dos los tipos de causas naturales que deben darse para la emergencia de nuevas características. Por una parte, deben existir las *potencialidades* que puedan conducir a esa emergencia; por ejemplo, para que se desarrolle un árbol es necesario que exista previamente una semilla que contiene los elementos que harán posible el desarrollo del árbol. Por otra parte, se exige también *la confluencia de las causas agentes* necesarias para que esas potencialidades se actualicen; en el caso de la semilla, es necesario que existan simultáneamente toda una serie de factores (humedad para la captación de agua, suelo adecuado para proporcionar los nutrientes necesarios, etc.), que son condiciones necesarias para la actualización de las potencialidades encerradas en la semilla.

El progreso científico muestra que las potencialidades existen, en gran parte, como *información*, o sea, como programas de posible actividad que se encuentran grabados y como almacenados en estructuras físicas. Conocemos cómo funciona la información biológica, y también podemos hablar de información, en un sentido más amplio, en el caso de los seres no vivientes. Por tanto, podemos comprender cómo se pueden desarrollar las potencialidades naturales cuando se

dan las circunstancias apropiadas, produciendo nuevos tipos de organización: casi siempre se trata de nuevos individuos de especies ya existentes, pero nada impide que puedan producirse también nuevas especies, nuevos tipos de modos de ser.

Las causas naturales no eliminan el problema del fundamento radical de la naturaleza. Más bien sucede lo contrario: cuanto mejor conocemos las causas naturales, más claramente vemos que la naturaleza posee una racionalidad muy eficiente, compleja y sutil, cuya explicación remite a una causalidad que trasciende la naturaleza y, a la vez, es inmanente a ella, porque pone en ella las potencialidades y las condiciones necesarias para su actualización. Solamente Dios, como Causa Primera que da el ser a todo lo que existe, puede proporcionar el fundamento radical a la causalidad natural sin disminuir en nada su valor: por el contrario, las causas naturales aparecen como el camino ordinario de la acción divina, que quiere contar con ellas y, para ello, les da las potencialidades necesarias para su actuación y dispone la confluencia de las condiciones necesarias para la actualización de esas potencialidades.

27. La contingencia de la naturaleza

El estudio de la actividad de los entes naturales conduce a plantear algunas cuestiones relativas a la necesidad y contingencia de esa actividad: ¿tienen las leyes naturales una necesidad absoluta o solamente expresan regularidades genéricas?, ¿existe realmente azar en los procesos naturales?

Además, estas preguntas nos llevan de la mano a plantear, de modo general, el problema de la necesidad y la contingencia de la naturaleza, que es uno de los problemas básicos que debemos afrontar si deseamos comprender el ser de lo natural.

Dado que nuestro conocimiento de la naturaleza no es una simple copia o fotografía de la misma, comenzaremos nuestro análisis exponiendo qué relación existe entre las leyes científicas y las leyes naturales. A continuación examinaremos los tipos de necesidad y contingencia que se dan en la naturaleza, así como los problemas del determinismo y del azar.

27.1. *Leyes científicas y leyes naturales*

La actividad natural se despliega en torno a pautas dinámicas. Las ciencias formulan leyes que se refieren a esas pautas, y cuando las leyes están bien comprobadas, podemos afirmar que reflejan de algún modo las leyes naturales.

a) *Las leyes científicas*

La ciencia experimental busca un conocimiento de la naturaleza que pueda someterse a control experimental, y lo consigue, en buena parte, a través de los enunciados que se denominan *leyes*.

Las leyes científicas son enunciados que relacionan diferentes aspectos de los fenómenos naturales. Cuando se trata de leyes formuladas matemáticamente, relacionan magnitudes que pueden medirse directa o indirectamente; por ejemplo, las leyes experimentales relacionan magnitudes cuyos valores se pueden medir directamente, y los principios generales, como los distintos principios de conservación (de la energía, de la carga eléctrica, etc.), expresan condiciones generales que se cumplen en todos los procesos o en algún tipo concreto de procesos. Otras leyes se expresan sin matemáticas pero son la base para la formulación de leyes matemáticas; así, en la teoría de la relatividad se postula que las leyes científicas se expresen del mismo modo aunque se utilicen diferentes sistemas de referencia.

Cuando se encuentran bien comprobadas, las leyes científicas expresan aspectos de la realidad. Sin embargo, se refieren a la realidad a través de construcciones teóricas (conceptos y relaciones que se construyen), y *no son una simple fotografía de la naturaleza*. Por ejemplo, cuando se afirma que la fuerza es igual a la masa multiplicada por la aceleración, se anticipan los resultados de posibles mediciones en circunstancias particulares; esa ley expresa, por tanto, relaciones entre magnitudes cuya definición y medición no vienen dadas por la naturaleza misma, sino que dependen de contextos conceptuales y experimentales construidos por los científicos.

Las leyes científicas expresan regularidades que existen realmente en la naturaleza, de acuerdo con las modalidades propias de cada tipo de ley (leyes experimentales o principios generales, leyes deterministas o probabilistas, etc.). Como nuestro conocimiento es muy limitado, no podemos afirmar que las leyes científicas, por muy bien comprobadas que se encuentren, se identifican completamente con las leyes naturales. Sin embargo, si están bien comprobadas, podemos decir que no son puras construcciones mentales nuestras y que reflejan el orden natural real.

Las leyes científicas tienen un carácter aproximativo y perfectible: siempre es posible describir mejor los fenómenos a los que se refieren las leyes, por ejemplo construyendo nuevos conceptos o mejorando la precisión de nuestras formulaciones. Pero esto no significa que sean meras hipótesis o conjeturas. Muchas leyes científicas describen correctamente los fenómenos naturales, aunque siempre puedan conseguirse conceptualizaciones mejores o una mayor precisión. Cada ley científica posee una validez que viene determinada por el contexto de conceptos y recursos instrumentales disponibles; cuando está bien comprobada dentro de un ámbito de fenómenos concretos, podemos decir que continuará siendo válida en ese ámbito, aunque consigamos formular leyes o teorías más exactas o profundas en ese mismo ámbito o en otros.

b) *Las leyes naturales*

El término *ley* se refiere, en su sentido más propio, a reglas de la conducta humana; en ese contexto se habla de obedecer o seguir una ley, o de que estamos sometidos a determinadas leyes. Por analogía, ese concepto se aplica también a la actividad de los agentes naturales, ya que en esa actividad existen muchas regularidades: se habla entonces de los agentes naturales como si obedecieran o siguieran una ley.

Sin duda, existen regularidades en las acciones de la naturaleza. Dado que los seres puramente naturales no poseen libertad, tendemos a pensar que todas las acciones de los agentes naturales se realizan siguiendo pautas regulares preestablecidas, con una necesidad total. Dejando para más tarde el análisis de esta cuestión, podemos decir que *las leyes de la naturaleza física expresan regularidades en la actividad de los agentes naturales*.

Aunque existen muchas regularidades, también es cierto que en cada proceso natural intervienen muchos factores, de tal modo que es muy difícil, por no decir imposible, que se repitan exactamente las mismas circunstancias en diferentes procesos. Puede decirse que *en la naturaleza, propiamente hablando, no existen leyes*. El concepto de ley, cuando se aplica al comportamiento de la naturaleza, responde a una abstracción. No se trata sólo de advertir que las leyes científicas no son una simple fotografía de la naturaleza. El problema es más profundo: en realidad, la naturaleza consta de entidades (con sus propiedades) y de procesos, y *las leyes son enunciados abstractos mediante los cuales expresamos aspectos estructurales y repetibles de lo natural*.

En sentido estricto, *nada se repite exactamente en la naturaleza*. Sin duda, existen muchas regularidades que, a ciertos efectos, podemos considerar como repeticiones. Pero las repeticiones sólo son aproximadas, aunque a veces la aproximación sea muy precisa.

Con facilidad pensamos que se repite exactamente lo que, en la vida ordinaria o en la práctica científica, es bastante estable. No advertimos que cambia la forma de las constelaciones de estrellas, o que el Sol va agotando su combustible, o tantos otros cambios que resultan imperceptibles ante la experiencia ordinaria e incluso ante la ciencia. Ni siquiera podemos estar seguros de que las leyes científicas mejor comprobadas sean idénticas a lo largo del tiempo. Estos problemas conducen a preguntarnos expresamente por el grado de necesidad que existe en la actividad natural.

27.2. *Necesidad y contingencia en la naturaleza*

El concepto de *contingencia* se opone al de *necesidad*. *Es contingente lo que puede ser de un modo u otro, puede ser o no ser*. En cambio, *es necesario lo que no puede dejar de ser como es, o no puede dejar de ser en absoluto*.

Existen diferentes modalidades de necesidad y de contingencia. Vamos a examinar a continuación la necesidad y la contingencia que se refieren al nivel del ser y al nivel del obrar.

a) *Necesidad y contingencia en el ser*

En el mundo físico, todas las substancias pueden ser sujeto no sólo de cambios accidentales, en los que cambian accidentalmente manteniendo su modo esencial de ser, sino también de cambios substanciales, en cuyo caso se transforman en otra u otras substancias: la substancia o substancias que existían dejan de existir, y se convierten en otra substancia o substancias. En este sentido, *todos los seres materiales son contingentes*, pues están sometidos a generación y corrupción: comienzan a existir mediante cambios substanciales, y pueden dejar de ser lo que son.

De hecho, en la actualidad podemos provocar la transformación incluso de los sistemas naturales que, de modo espontáneo, son más estables: éste es el caso de los núcleos atómicos y de las partículas subatómicas que tienen mayor estabilidad y que, de modo artificial, pueden transformarse en otros sistemas microfísicos. Los sistemas físico-químicos más organizados se pueden descomponer con facilidad, y los vivientes manifiestan su contingencia porque comienzan a existir por generación y dejan de existir por la muerte.

Por consiguiente, la contingencia en el ser se extiende a todos los niveles de la naturaleza y a todos los sistemas individuales. Es lógico que sea así, porque se trata de seres materiales que, por principio, pueden transformarse en otros. Por eso suele decirse que *la raíz de esta contingencia es la materialidad*, que implica estructuración espacio-temporal y, por tanto, la posibilidad de cambios tanto accidentales como substanciales.

Podemos preguntarnos si esta contingencia en el ser también se da con respecto al universo en su conjunto; parece, en efecto, que las transformaciones de unos sistemas en otros no afectan a la existencia del universo en su conjunto, sino sólo a sus partes. Sin embargo, también podemos afirmar que *el universo en su conjunto es contingente*. En este caso, el motivo es que, si el universo fuera necesario, o sea, si existiera necesariamente, debería tener características propiamente divinas. Si algo existe de modo completamente necesario, existirá por sí mismo, independientemente de lo que suceda con otros seres; no dependerá de ningún otro ser, y por tanto deberá tener el ser por sí mismo: pero esto sólo se puede atribuir a Dios. Si se afirmase que el universo tiene el ser de modo necesario, habría que admitir alguna forma de panteísmo, identificando al universo con Dios, lo cual es imposible y no corresponde con lo que manifiesta la experiencia.

De todos modos, *en el mundo material existen muchos tipos de necesidad*. Aunque no se dé una necesidad absoluta, hay muchos tipos de necesidad relativa. En concreto, el universo en su conjunto no dejará de existir si no es por aniquila-

ción (la doctrina cristiana enseña, a este respecto, que el mundo será transformado, no aniquilado). Y existen muchos seres que poseen una necesidad física, relativa pero bastante fuerte, lo cual sucede tanto en individuos como en especies y en tipos de organización. Por ejemplo, los protones que componen la materia ordinaria no se transforman espontáneamente en otras partículas, o al menos lo hacen muy rara vez; en las condiciones actuales de nuestro mundo, las partículas subatómicas más estables y muchos núcleos de átomos no se desintegran; las bacterias existen y se multiplican desde hace muchísimos millones de años, superando todo tipo de transformaciones del ambiente; y la organización actual de nuestro mundo es bastante estable.

Sin duda, la existencia de muchos aspectos de nuestro mundo, incluidos nosotros mismos, depende de circunstancias que podrían cambiar por causas bastante simples, como el impacto de un gran meteorito con la Tierra. Sin embargo, si no suceden catástrofes especiales, la organización del mundo que conocemos tiene, en sus aspectos básicos, una gran estabilidad.

Los seres espirituales poseen un tipo de necesidad mucho más fuerte, ya que, al no estar compuestos de partes materiales, no están sujetos a descomposición ni cambios substanciales. Un ser personal no puede transformarse en otro ser (la transmigración de las almas, o la reencarnación, es imposible). En el caso de seres puramente espirituales, como los ángeles (cuya existencia sólo puede conocerse por revelación divina), una vez que existen no pueden morir; para que dejasen de existir haría falta una aniquilación que sólo Dios podría realizar. Los seres humanos, compuestos de materia y espíritu, poseemos la necesidad de los seres espirituales, de modo que una vez que existimos sólo podríamos dejar de existir por aniquilación por parte de Dios; pero estamos sujetos a la muerte, que implica la separación del espíritu y la materia, pasando el espíritu a vivir en unas condiciones un tanto misteriosas pero que corresponden al tipo de necesidad propia de las realidades espirituales. Obviamente, sólo Dios existe con una necesidad completa y propia, ya que se identifica con su propio ser, sin depender en ningún modo de nada fuera de sí mismo: todo lo que existe fuera de Dios son criaturas que dependen completamente de Dios en su ser, aunque posean diversos grados de necesidad en el ser.

Hasta ahora nos hemos referido a la necesidad como una *perfección*: algo es más perfecto cuanta mayor consistencia propia tiene en su ser y depende menos de circunstancias cambiantes. Sin embargo, es posible referirse a la necesidad en otro sentido, como algo propio de los seres más imperfectos, como señal de *imperfección*. Hemos dicho, por ejemplo, que seres especialmente simples (como algunas partículas subatómicas, núcleos de átomos, o bacterias) tienen una consistencia especialmente fuerte precisamente por su simplicidad material, y podemos añadir, en cambio, que seres especialmente perfectos, como es el caso de vivientes superiores en general y de los seres humanos en particular, tienen una gran fragilidad en su ser material: en efecto, requieren una organización muy sofisticada

que puede dejar de existir con cierta facilidad, debido a multitud de circunstancias, provocando la muerte.

b) *Necesidad y contingencia en el obrar*

La mayor dependencia de la materia implica una mayor necesidad en el obrar, que es señal de imperfección. Los seres más perfectos poseen una mayor independencia con respecto a las condiciones materiales, debido a que poseen conocimiento y sensibilidad. En el caso del ser humano, debido a su espiritualidad, se da una auténtica libertad. En este ámbito, *necesidad* suele contraponerse a *libertad*. El ser humano ejecuta muchas acciones de modo necesario, porque corresponden al despliegue automático de su dinamismo material; en cambio, en su dimensión espiritual, tiene un obrar necesario en aquellos actos que derivan necesariamente de su modo de ser (por ejemplo, necesariamente busca su felicidad, aunque pueda equivocarse en el modo de buscarla), y un obrar libre en los actos sobre los que tiene dominio. Basten estas referencias sobre un tema que trasciende el objeto propio de la filosofía de la naturaleza. Un estudio más completo exigiría considerar, por ejemplo, que la posibilidad de fallar en los actos libres no es propiamente una perfección, ya que la libertad alcanza su perfección auténtica cuando se usa para obrar bien.

Los seres materiales no poseen libertad, y en este sentido puede decirse que obran de modo necesario. Sin embargo, en las acciones materiales suelen confluir circunstancias múltiples y variadas, de tal modo que *la necesidad del obrar material no implica por sí misma un obrar determinista*. Dicho de otro modo: la falta de libertad no equivale a un obrar completamente uniforme en cualquier circunstancia. Vamos a examinar a continuación este problema, que se relaciona con el *determinismo*.

27.3. *Determinismo e indeterminismo*

Ante todo, señalaremos que, cuando se habla del determinismo o de la necesidad de la actividad natural, con frecuencia sólo se pretende resaltar que, a diferencia de las acciones humanas racionales y libres, los agentes naturales actúan de un modo que viene fijado por las leyes, el instinto o las tendencias: o sea, que su actividad no es racional ni libre. Sin duda, este modo de hablar es correcto, corresponde a la realidad, y no plantea especiales problemas. En este sentido se dice que la actividad natural está determinada unívocamente (*determinatio ad unum*).

Las dificultades surgen, en cambio, cuando deseamos precisar en qué consiste esa necesidad de la actividad natural: ¿significa que todo sucede de acuerdo con un determinismo rígido?, ¿existe algún tipo de indeterminación en la naturaleza?

El *determinismo clásico* fue expresado en un célebre pasaje de una obra publicada por el físico francés Pierre Simon de Laplace en 1814: “Así pues, hemos de considerar el estado actual del universo como el efecto de su estado anterior y como la causa del que ha de seguirle. Una inteligencia que en un momento determinado conociera todas las fuerzas que animan a la naturaleza, así como la situación respectiva de los seres que la componen, si además fuera lo suficientemente amplia como para someter a análisis tales datos, podría abarcar en una sola fórmula los movimientos de los cuerpos más grandes del universo y los del átomo más ligero; nada le resultaría incierto y tanto el futuro como el pasado estarían presentes ante sus ojos”[7]. Por supuesto, Laplace reconoce a continuación que el espíritu humano “siempre permanecerá infinitamente alejado” de una inteligencia semejante; pero esa limitación de nuestro conocimiento coexistiría con un determinismo completamente rígido en la naturaleza: en principio, cualquier estado futuro de la naturaleza podría ser previsto con toda precisión por una inteligencia suficientemente poderosa, aplicando simplemente las leyes físicas.

En la primera mitad del siglo XX, la física cuántica pareció desacreditar esta opinión. El *principio de indeterminación de Heisenberg*, formulado en 1927 por el físico alemán Werner Heisenberg, afirma que en el mundo microfísico existen límites que impiden medir simultáneamente con toda precisión los valores de pares de magnitudes conjugadas (como la posición y el momento de una partícula subatómica, o la energía y el tiempo). Todavía se discute, sin embargo, si esos límites sólo se refieren a las posibilidades de medición o si afectan al modo de ser de las entidades microfísicas[8]. Es interesante señalar que, de acuerdo con el principio de indeterminación, lo que no puede hacerse es medir a la vez dos magnitudes conjugadas como las mencionadas, pero nada impide que una cualquiera de ellas puede medirse con enorme precisión.

En los últimos decenios del siglo XX, las teorías del *caos determinista* han arrojado nueva luz sobre el problema y han planteado nuevos interogantes. Estas teorías muestran que, incluso si se admite que las leyes físicas son deterministas, bastan pequeños cambios en las condiciones iniciales de los sistemas para que se pueda llegar a resultados muy diferentes. Por tanto, determinismo e indeterminismo podrían coexistir; hemos indicado, en efecto, que las condiciones nunca son completamente idénticas: por tanto, un comportamiento básicamente determinista puede producir resultados imprevisibles. Sin embargo, esa imprevisibilidad es

7. Pierre Simon de Laplace, *Ensayo filosófico sobre las probabilidades*, Alianza, Madrid 1985, p. 25.

8. La bibliografía al respecto es inmensa. Puede verse, por ejemplo: N. Cartwright, “Philosophical Problems of Quantum Theory” , en: L. Krüger - L. J. Daston - M. Heidelberger (editores), *The Probabilistic Revolution*, The MIT Press, Cambridge (Mass): vol. II, *Ideas in the Sciences*, 1989, pp. 417-435; S. Deligeorges (editor), *El mundo cuántico*, Alianza, Madrid 1990; S. L. Jaki, *Chance and Reality and other Essays*, University Press of America, Lanham 1986, pp. 1-21; F. Selvaggi, *Causalità e indeterminismo*, Università Gregoriana, Roma 1964.

también relativa: suponiendo unas condiciones concretas, existen también unas posibilidades concretas. De hecho, las teorías del caos no afirman que exista un puro caos; puede parecer incluso chocante que se hable de *caos determinista*, pero este nombre expresa la realidad: se obtienen nuevas leyes, antes desconocidas, que se cumplen en los fenómenos que estudian esas teorías.

Es difícil proponer una solución definitiva a los interrogantes acerca del indeterminismo en la naturaleza. En cualquier caso, parece posible afirmar algo que tiene mucha importancia para evitar equívocos: concretamente, que *causalidad no equivale a determinismo*. En ocasiones, la existencia de indicios en favor del indeterminismo se interpreta como si fallara el concepto mismo de causalidad, y se dice que pueden existir sucesos sin causa. Nada más lejos de la realidad, si tenemos en cuenta que la causalidad incluye los diferentes tipos de causa que ya hemos considerado, y que nada puede comenzar a existir en la naturaleza si no es producido por causas proporcionadas. En cambio, puede ser cierto que exista indeterminación en el obrar natural, de tal modo que no se puedan formular leyes físicas completamente deterministas que permitirían una predicción exacta del futuro en el sentido de Laplace. Algunas de las implicaciones que esta situación puede tener en otros ámbitos, especialmente cuando se piensa en la existencia de un plan divino que rige la naturaleza, serán examinadas a continuación, después de analizar la noción de azar.

27.4. *Azar, orden y complejidad*

Ya hemos examinado la existencia del azar en la naturaleza en el capítulo dedicado al orden natural. Recordaremos ahora las ideas que allí se expusieron, y las aplicaremos a los problemas que ahora estamos tratando, o sea, a la actividad de los agentes naturales, al determinismo, y a los problemas metafísicos que se plantean en este contexto.

Se suele admitir que *el azar es el resultado de la confluencia de cadenas causales independientes*. Decimos que algo sucede por casualidad, o es debido al azar, cuando no es el efecto previsto de una causa: su existencia se debe a la coincidencia de causas que no tendrían por qué coincidir. Por este motivo, se suele distinguir la *causalidad propia* (causa *per se*, en la terminología clásica) y la *causalidad accidental* (causa *per accidens*). Todos los agentes tienen efectos que se deben a su modo de ser, que son consecuencia de su actividad natural; se trata de los efectos propios de tales agentes. Además, con frecuencia colaboran diversos agentes de un modo unitario, produciendo también efectos cooperativos que entran dentro de los efectos propios. Pero también sucede con frecuencia que coinciden diferentes causas sin que tengan por qué coincidir, sin que haya una razón para ello, produciendo efectos que, por así decirlo, caen fuera de las tendencias propias de las causas que intervienen, y es entonces cuando, como consecuencia de coincidencias fortuitas, se producen efectos accidentales y se da el azar.

Lo característico del azar es que las causas que actúan conjuntamente son independientes, o sea, no hay razón por la que deban coincidir, y ordinariamente no coinciden. El azar se encuentra en el terreno de las *causas accidentales*; esto significa que, propiamente hablando, no es una causa: supone que existen *causas propias* que coinciden en producir el efecto, pero tal coincidencia es fortuita o accidental porque nada exige que deba darse necesariamente.

Así entendido, *el azar existe realmente en la naturaleza*. Además, desempeña una función importante en el desarrollo de muchos procesos naturales. En efecto, la coincidencia de causas independientes es frecuente, debido a la gran variedad de causas que existen en la naturaleza. No se trata sólo de nuestra ignorancia, de que no seamos capaces de determinar qué causas han producido un efecto concreto: *el azar no se debe únicamente a nuestra ignorancia*, aunque a veces puede ser así, porque el desconocimiento de los factores que intervienen puede hacernos pensar en una coincidencia casual que, en realidad, no es tal.

El azar se relaciona con el indeterminismo de la actividad natural. Son muchos los factores causales que pueden intervenir en los procesos naturales, y no existe una razón que permita prever qué factores intervendrán en cada caso concreto. Por este motivo, el indeterminismo de la naturaleza puede ser considerado como una característica real, del mismo modo que lo es el azar y por el mismo motivo. No se trata sólo de que resulte difícil o imposible prever el futuro debido a las limitaciones de nuestro conocimiento. Lo que sucede es que la complejidad de la naturaleza hace muy difícil o imposible esa predicción, porque en cada caso particular intervienen factores que pueden estar ausentes en otros casos.

Para conocer las pautas naturales, en la ciencia experimental se provocan situaciones en las que se aíslan unos pocos factores, de modo que se pueda estudiar su comportamiento suponiendo que el resto de los factores que existen en la naturaleza no desempeñan ninguna función. De este modo podemos conocer pautas naturales aisladas, que en la realidad se encuentran combinadas con muchas otras. Por este motivo, en ocasiones es difícil explicar científicamente fenómenos muy familiares y, en cambio, se consiguen conocimientos muy exactos acerca de aspectos recónditos de la realidad. El determinismo de la naturaleza depende de que se produzcan situaciones estables en las que algunos comportamientos son uniformes o regulares.

El azar desempeña una función en la producción de sucesivos niveles de complejidad en la naturaleza. Existen coincidencias fortuitas, y pueden ser importantes para que se produzcan determinados efectos y no otros. Esto tiene especial importancia cuando se estudia la evolución y el papel que el azar desempeña en el proceso evolutivo; nos ocuparemos de esta cuestión más adelante, al estudiar la evolución.

Sin embargo, *para Dios no existe azar*. Como causa primera del ser de todo lo que existe, para Dios todo está patente, tanto lo pasado como lo presente y lo

futuro. Dios está fuera del tiempo y no le afectan estas distinciones temporales. Además, todo depende completamente de Dios en su ser. Por consiguiente, aunque desde el punto de vista de la naturaleza y del ser humano exista realmente el azar, esto no afecta al conocimiento que Dios tiene de todo ni a la providencia con que todo lo gobierna.

En la perspectiva actual, se suele admitir que en la naturaleza existe un cierto indeterminismo, de tal modo que la evolución es, en cierto modo, creativa; y asimismo, que el futuro no está completamente determinado por el pasado. Esta perspectiva es compatible con la providencia divina que no dirige el curso de la naturaleza al modo de las causas naturales, sino fundando su ser y su actuar, haciéndolos posibles. Más aún: si se prescinde de la providencia y el gobierno divinos, resulta muy difícil comprender la existencia de unas virtualidades naturales cuyo despliegue produce, en sucesivos niveles de organización, virtualidades siempre nuevas cuya actualización, a través de circunstancias muy variadas, conduce en último término a una naturaleza que posee una organización asombrosa, en cuya cúspide se encuentra el ser humano.

La disyuntiva entre un azar imprevisible o un determinismo rígido no agota las posibilidades. A la disyuntiva entre "nuestro número ha salido en la ruleta de Montecarlo" de Jacques Monod y "Dios no juega a los dados" de Albert Einstein se puede añadir otra posibilidad: que "Dios juega con dados trucados". Si se piensa en Dios como en un ser mucho más inteligente que nosotros, al estilo de la inteligencia superior de Laplace, que actúa como nosotros pero con una capacidad enormemente mayor, entonces no se sabría cómo compaginar la existencia de la providencia divina con la realidad del indeterminismo y del azar. Pero esa representación de Dios es inadecuada; correspondería a una especie de demiurgo o de ser superior que no sería realmente Dios. Un Dios personal creador, concebido como Causa Primera del ser y del obrar de todo lo que existe y actúa, no encuentra ningún problema para gobernar una naturaleza en la que existen el indeterminismo y el azar; en efecto, Dios conoce todo perfectamente, de un modo distinto al nuestro, y abarca en su conocimiento y en su poder absolutamente todo, hasta el más mínimo detalle.

Capítulo X

Los vivientes

Vamos a estudiar en este capítulo las características y el origen de los vivientes, que ocupan un lugar central en la naturaleza, y realizan de modo especialmente adecuado la caracterización de lo natural mediante el entrelazamiento del dinamismo propio y la estructuración espacio-temporal.

28. Caracterización del ser viviente

Hemos caracterizado a lo natural mediante la unión del dinamismo propio con la estructuración espacio-temporal, y hemos visto que la naturaleza puede ser considerada como un gran sistema de sistemas, en el que ocupan un lugar central los sistemas unitarios que tradicionalmente se han llamado «substancias». *Los vivientes son el ejemplo más importante de substancias naturales, y poseen un tipo muy especial de dinamismo y de organización*. Ahora vamos a examinar las características propias de los vivientes y el problema de su origen, comentando, en primer lugar, el impacto que el progreso de la biología tiene para la filosofía.

28.1. *Biología y filosofía*

El enorme progreso que la biología ha experimentado desde la segunda mitad del siglo XX tiene importantes consecuencias para la cosmovisión actual y para la filosofía de la naturaleza. Nos referiremos ahora a algunas de ellas.

a) *Física, biología y filosofía de la naturaleza*

Los vivientes ocupan un lugar central en la naturaleza. En la cosmovisión antigua, y en la correspondiente reflexión filosófica, se les reconocía ese lugar.

Aristóteles les atribuye ese puesto central en su filosofía; se puede afirmar que "las sustancias propiamente dichas son, en Aristóteles, los seres vivos, de modo que la comprensión del ser en general tiene sus raíces en la comprensión del ser vivo"[1]. De hecho, a veces se ha dicho que la filosofía aristotélica es muy biologista, como si pudiese aplicarse a los vivientes pero fuese difícil aplicarla al resto de la naturaleza.

En el siglo XVII, el nacimiento sistemático de la ciencia experimental moderna comenzó, como es lógico, por la física, que es la ciencia que estudia las características más generales y básicas de la naturaleza. Cuando la física ya había experimentado un enorme progreso, la biología todavía se encontraba en su infancia, como también es lógico, ya que el progreso de la biología requiere un previo progreso de la física y la química, que le proporcionan la base que necesita. En consecuencia, se tendía a otorgar la primacía a la física, y a veces se intentaba explicar los vivientes en función de lo físico de modo reduccionista. Incluso cuando se afirmaba el carácter específico de los vivientes, la filosofía de la naturaleza se encontraba demasiado condicionada por los conceptos y problemas de la física.

Cuando, en el siglo XX, la física y la química alcanzaron un desarrollo suficiente, se dio una auténtica explosión de la biología, causando un gran impacto sobre la cosmovisión actual y sobre la filosofía de la naturaleza. Los vivientes han vuelto a ocupar el lugar central que siempre les correspondió, y las categorías propias de la biología han quedado fuertemente resaltadas. En este contexto, las ideas centrales de la filosofía aristotélica han cobrado nuevo vigor.

Esto ha sucedido, por ejemplo, con los conceptos de *substancia*, *forma* y *finalidad*. Aunque se admita la existencia de substancias en el mundo no viviente, es claro que la noción de substancia se realiza de modo primario en los vivientes, que tienen una unidad y una individualidad especialmente fuertes. De modo semejante, el concepto de forma adquiere especial relevancia cuando se considera la organización propia de los vivientes. Y la finalidad es el concepto que queda más destacado; el mecanicismo tomó como patrón una parte de la física y declaró que la finalidad no existía, e intentó explicar mediante categorías mecánicas las dimensiones finalistas de la naturaleza: sin embargo, la biología contemporánea ha puesto en primer plano esas dimensiones finalistas, ya que en los vivientes la finalidad aparece por doquier.

Por otra parte, las teorías biológicas sobre la *evolución de las especies*, esto es, el origen de unas especies a partir de otras por medio de procesos naturales, han tenido un importante impacto en la filosofía de la naturaleza y en otras ramas de la filosofía. Nos referiremos a ellas más adelante.

1. Alfredo MARCOS, *Aristóteles y otros animales. Una lectura filosófica de la Biología aristotélica*, PPU, Barcelona 1996, p. 192.

b) *La vida en la biología molecular*

Para la biología, la pregunta: ¿qué es la vida?, es una pregunta muy compleja, dado que existe una enorme variedad de vivientes y hay muchas dimensiones diferentes en la vida. Por otra parte, los científicos no necesitan poseer una respuesta simple e inequívoca a esa pregunta: les basta con estudiar las características de los distintos seres vivos. Además, los biólogos toman como punto de partida las ideas comunes que todos poseemos acerca de los vivientes, y estas ideas les sirven como base suficiente para construir su ciencia.

Sin embargo, la biología molecular ha proporcionado conocimientos que han colocado nuestras ideas sobre la vida en un nuevo nivel, antes desconocido. En su búsqueda del material físico-químico que explica la herencia, los científicos dirigieron la atención hacia el núcleo de las células y, concretamente, hacia los cromosomas. Antes de 1900 ya se había determinado que los cromosomas de la mayoría de los organismos contienen proteínas y ADN (ácido desoxirribonucleico). Durante un tiempo se pensó que las proteínas eran el material genético, porque sólo ellas eran suficientemente complejas como para contener la información genética. Sin embargo, alrededor de 1940 la evidencia en favor del ADN como material genético se iba acumulando. Hacia 1950 ya se poseían bastantes conocimientos acerca de la estructura química del ADN. Finalmente, James Watson y Francis Crick propusieron, en 1953, el modelo de estructura en doble hélice del ADN, que ha sido confirmado por los trabajos posteriores y ha constituido uno de los avances más importantes de la ciencia moderna.

Desde entonces, se han multiplicado los descubrimientos sobre el código genético, la fabricación de proteínas, la información que dirige el desarrollo de los vivientes, la estructura y función de los genes, y otros temas relacionados. Los progresos de la biología molecular, que estudia la estructura y funciones de las moléculas que componen los vivientes, han llevado a conocer también otros importantes aspectos de los vivientes, como la comunicación celular. Este progreso está haciendo posible el desarrollo de nuevas ideas sobre las características de los vivientes.

Los vivientes unicelulares consisten en una única célula, y los pluricelulares se componen de un conjunto de células. Todas las células tienen como material genético el ADN, que contiene la información para la replicación del viviente y para la fabricación de muchos de sus componentes principales, excepto algunos virus cuyo material genético es ARN (ácido ribonucleico, que es semejante al ADN, pero difiere de él en algunos aspectos de su composición). A diferencia de las células «procariotas», que no tienen un núcleo (es el caso de las bacterias), el ADN de los organismos «eucariotas» está contenido en un núcleo rodeado por una membrana.

En la caracterización de la vida que existe en nuestro planeta ocupan un lugar muy destacado: el ADN, como material genético; el ARN, que interviene en

la traducción y transcripción del ADN del núcleo en proteínas que se fabrican en los ribosomas de las células; y las proteínas (macromoléculas compuestas por aminoácidos), que existen en una gran variedad, adoptan estructuras espaciales muy específicas, y ejercen funciones también muy variadas.

Los conocimientos actuales sitúan el problema de la vida en una nueva perspectiva. Por una parte, porque por primera vez en la historia se conoce con detalle una parte importante de los mecanismos físico-químicos de la vida, lo cual conduce a contemplar a todos los vivientes bajo una perspectiva nueva. Y por otra parte, porque ahora sabemos que una parte importante de los vivientes son seres muy primitivos. En efecto, las bacterias quizás han desempeñado un papel central en el origen de los demás organismos, y con toda seguridad desempeñan funciones esenciales en la biosfera; sin embargo, difícilmente se pueden describir en los términos usados para hablar de los vivientes accesibles a la experiencia ordinaria: hablar de un organismo, o de crecimiento y desarrollo, e incluso de muerte, en el caso de las bacterias requiere bastantes matizaciones. Por tanto, aunque los conocimientos científicos actuales pueden prestar nuevo vigor a conceptos filosóficos clásicos, también es cierto que sólo se obtendrá una descripción rigurosa de los tipos de vivientes y de sus funciones si se tienen en cuenta los conocimientos proporcionados por la biología, que llevan mucho más allá de lo que se manifiesta en la experiencia ordinaria.

Además de los nuevos horizontes ya mencionados, puede mencionarse que, según la opinión de algunos científicos, las fronteras de la vida deberían colocarse en el nivel de las moléculas más que en el de las células, si se tiene en cuenta que algunas de las características principales que se atribuyen a la vida se encuentran también en los virus, e incluso en proteínas como los «priones» («partículas proteínicas infecciosas»), que son capaces de multiplicarse: los priones provocan un cambio en la configuración de proteínas casi idénticas a ellos, y ese cambio se propaga sucesivamente a nuevas proteínas[2].

c) *La genética y sus implicaciones*

Los genes son las unidades hereditarias, y están compuestos por fragmentos de ADN. El número de genes, que se encuentran en los cromosomas, varía mucho con los diferentes organismos; así, el «genoma» de una bacteria puede contener 3.000 genes, y el del organismo humano contiene unos 100.000 genes. El genoma entero se encuentra en cada célula del organismo, pero solamente una parte de los genes se «expresan» (están activos). Por tanto, la «regulación de la expresión génica» tiene gran importancia; los factores internos se combinan con los externos para determinar qué genes se expresan en cada ocasión, desde el comienzo

2. Se trata de los agentes involucrados en la enfermedad de las «vacas locas»: cfr. Stanley B. PRUSINER, "Priones", *Investigación y ciencia*, n.º 99, diciembre 1984, pp. 22-32; "El prion en la patología", *Investigación y ciencia*, n.º 222, marzo 1995, pp. 14-21.

del desarrollo del organismo hasta cada uno de los estados en que posteriormente se encuentra.

Cada vez se conocen mejor los procesos y métodos implicados en el control de la expresión génica, que son bastante sofisticados. En ellos intervienen no sólo los genes que se expresan, sino genes reguladores que controlan la expresión de los otros genes. El problema que se plantea es el de la «diferenciación»: ¿cómo se explica que, a lo largo del desarrollo del organismo, se produzcan células muy diferentes?

A medida que un óvulo fecundado se desarrolla, se producen células diferentes que pasan a ocupar su lugar y desempeñan sus funciones específicas. Ese estado de cosas es resumido por Tim Beardsley en pocas palabras: "Durante el desarrollo de un organismo, las células se mueven, migran, siguiendo complejas estrategias, cambian su forma y terminan por asociarse para constituir tejidos especializados. Un ser humano, por ejemplo, tiene más de 250 tipos distintos de células, y cada una debe estar y funcionar en el lugar adecuado. (Las células hepáticas no servirían en el cerebro). Todas, sin embargo, portan los mismos genes en su ADN"[3].

Sabemos desde hace tiempo que, en esos procesos, los genes se activan y desactivan. Ahora comenzamos a conocer los mecanismos del proceso, o sea, cómo se armoniza la actividad de los genes de tal modo que en el momento preciso se formen las diferentes células y desempeñen su función en el lugar adecuado. En palabras de Beardsley: "cientos de experimentos demuestran que el control de la expresión de la mayoría de los genes de un organismo se realiza casi siempre mediante la *regulación de la transcripción*, un proceso cuyo fin es copiar la información genética que contiene el ADN en ARN, que son las moléculas utilizadas para fabricar los millones de proteínas que determinan que una célula difiera notablemente de otra". Beardsley señala que "la principal enseñanza de la biología molecular de los últimos 20 años es la del control de la expresión génica mediante la regulación de la transcripción".

Eric H. Davidson, que ha sido uno de los protagonistas de estos avances, habla en ese contexto de «genes inteligentes» y del «cerebro» del gen inteligente. Este «cerebro» es un complicado agregado de proteínas, una especie de computadora "donde se combinan señales y se toma la decisión de si se activa o no un gen". Se trata de un lenguaje claramente antropomórfico, puesto que se atribuye a las entidades bioquímicas inteligencia, capacidad de integrar información, y capacidad de decisión. Beardsley recoge la siguiente afirmación de François Jacob y Jacques Monod, quienes compartieron el premio Nobel de Medicina en 1965 por sus contribuciones a la biología molecular: "el genoma contiene no sólo una serie de anteproyectos, sino todo un programa coordinado

3. Las citas de Beardsley incluidas en este apartado están tomadas de: Tim Beardsley, "Genes inteligentes", *Investigación y ciencia*, n.º 181, octubre 1991, pp. 76-85.

de síntesis de proteínas y medios para controlar su ejecución". Y el propio Beardsley escribe que "las células de un organismo complejo necesitan saber dónde están instaladas para decidir qué genes expresar. Y deberían, además, estar capacitadas para responder ante situaciones de emergencia, como un agresión o la súbita presencia de una hormona".

El progreso de la genética se interpreta, en ocasiones, en favor de un *determinismo genético* que, si se concibe de modo rígido, apenas dejaría espacio para la libertad. Sin embargo, ese presunto determinismo tiene dos límites. Por una parte, aunque el programa básico de instrucciones esté contenido en el genoma de un organismo, la expresión de los genes depende de múltiples factores entre los que se cuentan factores externos y la historia del propio organismo; sin duda, existe una cierta determinación por parte de los genes, pero también existe una variabilidad en función de los distintos factores que intervienen en los complejos procesos biológicos: por tanto, ni siquiera desde el punto de vista biológico puede hablarse de un determinismo rígido. Por otra parte, en el caso de la persona humana, la libertad nos permite actuar en función de motivos racionales y deseos de la voluntad, aunque obviamente nuestra actuación se desarrolle sobre la base proporcionada por nuestras particularidades genéticas. Un *reduccionismo genético* que olvidara o pusiera en tela de juicio la importancia decisiva de la inteligencia y la voluntad humanas, estaría extrapolando injustificadamente unos factores biológicos, sin duda importantes, y olvidando la función decisiva de las capacidades superiores del ser humano[4].

d) *Información y direccionalidad*

Ya hemos señalado anteriormente que el progreso de la biología contemporánea ha colocado en primer plano el concepto de *información*. En biología se utilizan conceptos tomados de la cibernética y de la teoría de la información. Los genes contienen la información genética, donde se encuentran las «instrucciones» necesarias para el desarrollo del organismo, de tal modo que la fabricación de proteínas, la formación de nuevos órganos, y tantos otros procesos vitales, son dirigidos por esa información.

La existencia de la información genética lleva de la mano a admitir que en los vivientes existen realidades que responden a los conceptos de programa, diseño, y plan. *Existe una direccionalidad inmanente, que el progreso científico manifiesta cada vez con mayor claridad y extensión*. No se trata sólo de las tendencias que suelen llamarse psíquicas, cuya importancia es muy grande. Se trata también de tendencias físico-químicas que se encuentran inscritas en las estructuras espacio-temporales de los vivientes.

4. Se encuentra una interesante crítica del reduccionismo biológico actual en el artículo: "Biology isn't destiny", *The Economist*, 14 febrero 1998, pp. 97-99.

Acabamos de señalar que la direccionalidad biológica no debería identificarse con el determinismo. Se trata de una direccionalidad real, pero a la vez compleja y compatible con grados crecientes de una espontaneidad que, al llegar al nivel humano, se completa con unas nuevas dimensiones, las espirituales, que trascienden el ámbito espacio-temporal de lo natural.

La direccionalidad que encontramos en los vivientes proporciona nuevos elementos para el argumento teleológico que conduce desde la «inteligencia inconsciente» de lo natural hasta la inteligencia consciente del Dios personal creador. Pero este paso exige ulteriores razonamientos que serán considerados más adelante.

28.2. *Características de los vivientes*

Se suele caracterizar la vida como la posesión de un tipo especial de espontaneidad: el *automovimiento*, que además repercute en el bien del propio agente. También suelen distinguirse en los vivientes una serie de *funciones*, algunas de las cuales se encuentran en toda la escala de la vida, mientras que otras son propias sólo de algunos vivientes. Todo ello se basa sobre dos características fundamentales de los vivientes: la *organización vital* y la *funcionalidad*.

Ya hemos advertido que una parte importante de los vivientes está formada por las bacterias, a las que quizás deberían añadirse los virus e incluso algún tipo de proteínas auto-replicantes. Por consiguiente, es obvio que las ideas que siguen no podrán aplicarse a los vivientes más primitivos exactamente del mismo modo que a los más complejos. Es interesante notar, sin embargo, que la caracterización de lo natural mediante el entrelazamiento de dinamismo propio y estructuración espacio-temporal, tal como la hemos propuesto desde el principio, resulta especialmente adecuada cuando se aplica a los vivientes.

a) *Organización vital y funcionalidad*

Si todo lo natural se caracteriza por poseer un dinamismo propio estrechamente relacionado con una organización espacio-temporal, esta caracterización alcanza su expresión más acabada y paradigmática en los vivientes, lo cual resulta lógico si tenemos en cuenta que los vivientes ocupan el lugar central entre los seres naturales.

La existencia de dinamismo propio en los vivientes es indudable. Precisamente, los vivientes suelen caracterizarse como seres capaces de auto-movimiento. Al caracterizar lo natural como lo que posee un dinamismo propio, tuvimos que advertir expresamente que con ello no estábamos afirmando una especie de panpsiquismo; tan arraigada se encuentra la identificación de lo viviente con lo se que mueve a sí mismo, que esa clarificación resulta necesaria. Es conveniente advertir ahora que, con demasiada frecuencia, cuando se intenta caracterizar lo vi-

viente, se suele establecer una contraposición entre lo viviente y lo demás, lo no viviente, que suele denominarse con términos negativos: lo «no viviente», lo «inerte» que se comporta de modo pasivo y no tiene en sí un principio de movimiento, lo «inorgánico» o carente de la organización propia de los vivientes. El uso de tales términos negativos puede llevar a confusión, porque en realidad nada hay en la naturaleza que sea puramente pasivo e inerte, o que no posea algún tipo de estructuración espacio-temporal.

Sin embargo, es indudable que los vivientes poseen un dinamismo propio muy peculiar, que corresponde a una *unidad* y una *individualidad* especialmente fuertes. Se trata de sujetos claramente diferenciados de otros, que poseen partes organizadas de modo cooperativo en un *organismo* que tiene sus propias necesidades, metas y tendencias. El dinamismo propio de los vivientes incluye la actividad de diferentes partes que cooperan en la realización de las metas del viviente: esas partes realizan *funciones* que se integran de modo unitario, cooperando en el mantenimiento, desarrollo y reproducción del organismo.

En definitiva, *dinamismo propio y estructuración espacio-temporal corresponden, en los vivientes, a un auto-movimiento que incluye la cooperación funcional de las partes de un organismo unitario e individual*. En los vivientes primitivos no suele hablarse de un «organismo», pero, en todo caso, esos vivientes son seres unitarios e individuales que poseen una organización muy específica y, en las condiciones adecuadas, realizan una función enormemente específica, la reproducción, que requiere la cooperación ordenada y unitaria de las diferentes partes, teniendo como consecuencia la perpetuación de ese sujeto y de sus actividades. Esto se aplica no sólo a las bacterias, sino incluso a los virus y eventualmente a proteínas como los priones.

b) *Inmanencia y espontaneidad*

El auto-movimiento es una característica de los vivientes. Si bien todo lo natural posee un dinamismo propio, existen equilibrios dinámicos que ocultan en muchos casos ese dinamismo ante la experiencia ordinaria. En los vivientes, el dinamismo propio es patente, y suele ser considerado como una característica fundamental de esos seres.

El dinamismo de los vivientes se manifiesta en forma de una *espontaneidad* que, si bien puede atribuirse a todo lo natural, en el nivel biológico posee rasgos muy peculiares, porque se refiere al dinamismo de seres claramente unitarios e individuales que buscan activamente lo que contribuye al mantenimiento y al desarrollo de su ser. Sin duda, un átomo o una molécula poseen un dinamismo propio y una estructuración espacio-temporal unitaria, y poseen también una estabilidad y ciertas tendencias, pero no tiene sentido decir que buscan activamente mantenerse en el ser, y menos aún desarrollarse o reproducirse. La actividad propia de los vivientes se encuentra en un nivel diferente al de los seres físico-químicos.

Las peculiaridades de esa actividad pueden expresarse hablando de su *inmanencia*. Los vivientes, en cuanto seres unitarios e individuales que actúan buscando su propia perfección, tienen una actividad cuyos efectos permacecen dentro de ellos y que, por este motivo, se denomina «inmanente».

La inmanencia de los vivientes significa que, de algún modo, actúan teniéndose a sí mismos como fines. Ellos son «beneficiarios» de sus propias acciones, lo cual no excluye que su actividad también beneficie a otros y tenga fines fuera de sí mismos.

Al considerar la actividad natural, hemos distinguido las acciones transeúntes y las inmanentes. Hemos visto que las acciones transeúntes son acciones físicas que tienen un efecto exterior al propio agente, y que las operaciones inmanentes tienen un término que se encuentra en el propio agente que, por tanto, se perfecciona a sí mismo al actuar. Los vivientes realizan acciones cuyo efecto permanece en su interior y contribuye a su perfección; aunque en muchos casos esas acciones sean también transeúntes porque producen efectos físicos detectables, revierten en el agente que las realiza. Además, cuando se llega al nivel del conocimiento, se alcanza una inmanencia peculiar. En el caso del ser humano, la inteligencia y la voluntad le sitúan en un nivel esencialmente superior al de otros seres naturales, y en ese nivel se da un grado único de inmanencia en el que el ser humano encuentra su perfección específica.

c) *Aspectos fenomenológicos del ser viviente*

Ya hemos advertido que una gran cantidad de vivientes son microorganismos. Por consiguiente, cuando hablamos de los aspectos fenomenológicos de los vivientes nos referimos, en sentido estricto, solamente a los que pueden ser observados en la experiencia ordinaria. Sin embargo, podemos extender sin dificultad esa idea, de modo que incluya las características principales de todos los vivientes. Es lo que vamos a hacer, aludiendo al *auto-movimiento*, la *organicidad*, la *generación*, el *desarrollo*, la *reproducción* y la *muerte*.

Ya nos hemos referido al *auto-movimiento*, indicando que es el dinamismo característico de los vivientes. Aunque todo lo natural posea un dinamismo propio, los vivientes son seres que poseen una unidad e individualidad fuertes, y su dinamismo es tal que su actividad tiene como resultado, en buena parte, algo que contribuye a mantener y desarrollar el ser mismo del sujeto que la ejecuta. Además, el auto-movimiento de los vivientes se manifiesta en dos aspectos que son típicos de ellos: el desarrollo y la reproducción.

La *organicidad* es otra característica típica de muchos vivientes. No decimos que lo sea de todos, porque, como se ha indicado, no es habitual hablar de «organismos» cuando nos referimos a vivientes primitivos; sin embargo, también entonces encontramos estructuras complejas y cooperativas que responden a la idea de la organización propia de los vivientes. En relación con la organicidad, se pue-

den citar algunas características que hacen posible el *mantenimiento* de los vivientes en su ser; tal es el caso del *metabolismo* o conjunto de reacciones químicas en las que se produce la energía que el organismo necesita para mantenerse y realizar sus funciones, y de la *homeostasis* o mantenimiento de algunas características en niveles constantes a través de las circunstancias externas cambiantes. Se trata de características muy generales, a las que se podrían añadir muchas funciones particulares que se realizan en los diferentes tipos de vivientes.

La *generación* se refiere al comienzo de la existencia del viviente, que se forma como un ser individual y unitario a partir de otros vivientes. En muchos vivientes la generación va seguida por un *desarrollo* gradual que conduce a la realización del tipo específico de acuerdo con pautas establecidas, y, finalmente, por la *muerte* o desaparición del viviente, que deja de existir como tal y se transforma en un conjunto de material inorgánico.

La *reproducción* constituye una de las características básicas de los vivientes, que transmiten de generación en generación las características típicas de cada especie. Además, la herencia constituye la base sobre la cual pueden darse mutaciones que hagan posible la evolución de las especies.

28.3. *Explicación de la vida*

La ciencia experimental busca explicaciones que puedan ser sometidas a control experimental; por tanto, que se refieran a componentes y estructuras que siguen pautas espacio-temporales repetibles.

Desde la antigüedad se ha discutido si los vivientes pueden ser explicados teniendo en cuenta solamente explicaciones de ese tipo, o si, por el contrario, es necesario introducir otros principios explicativos. Esa discusión sigue siendo actual, e incluso ha sido estimulada por el progreso de la biología contemporánea.

La discusión se ha centrado en torno a dos posturas antagónicas que tradicionalmente se han denominado *mecanicismo* y *vitalismo*. El mecanicismo propiamente dicho fue defendido por Descartes, quien afirmó que todo lo natural, incluyendo los vivientes (excepto el alma humana), son puras máquinas mecánicas. Esta versión del mecanicismo resulta claramente insuficiente, y ha sido sustituida por explicaciones más sofisticadas que representan los vivientes como máquinas cibernéticas, afirmando que es inútil buscar en los vivientes algo que caiga fuera del alcance de la ciencia experimental. En cambio, el *vitalismo* subraya las características peculiares de los vivientes y postula algún factor meta-empírico, algún tipo de principio vital, que sería necesario para dar cuenta del ser y del obrar de los vivientes.

Aunque existan interpretaciones diferentes del hecho, hoy día se admite generalmente que los vivientes poseen características específicas que no se encuen-

tran en otros niveles de lo natural. Sin duda, siguen las leyes de la física y de la química, pero las trascienden.

La filosofía de Aristóteles proporciona conceptos que arrojan luz sobre este problema. En efecto, cuando Aristóteles habla del «alma» de los vivientes, se refiere a su modo de ser, que ciertamente posee caracteres peculiares. En el segundo libro de su tratado *Acerca del alma*, Aristóteles propuso una definición general del alma mediante tres pasos sucesivos. En primer lugar, dice que "solemos llamar vida a alimentarse, crecer y envejecer por uno mismo", y se pregunta qué es lo que diferencia a un cuerpo natural vivo de uno que no está vivo; afirma que la diferencia no reside en el cuerpo, ya que hay cuerpos vivos y no vivos, y concluye que el alma es "la forma específica de un cuerpo natural que en potencia tiene vida" (aquí, "forma específica" es la traducción del griego *eidos*). En segundo lugar, Aristóteles añade que tener vida es anterior a ejercitarla, y por tanto afirma que "el alma es el acto primero de un cuerpo natural que en potencia tiene vida". Inmediatamente comenta que un cuerpo de ese tipo, que tiene vida en potencia, es un organismo. De ahí concluye, en tercer lugar, que el alma es "el acto primero de un cuerpo natural organizado"[5]. En su comentario a Aristóteles, Tomás de Aquino acepta estas mismas ideas[6].

Ya hemos visto qué significan los conceptos de «forma substancial o específica», «acto primero» y «potencia». Vimos que las esencias de los seres naturales no son simples, sino compuestas: existen en condiciones materiales (materia primera), e incluyen las perfecciones que determinan el modo de ser específico (forma substancial). Materia y forma no son entes completos ni partes físicas; son principios, que se comportan como potencia y acto: la materia prima es el principio potencial e indeterminado, y la forma substancial es el principio actual y determinante. Si aplicamos estas ideas al caso de los vivientes, diremos que el alma es su forma substancial, el principio actual de su esencia, su acto primero, que expresa las perfecciones esenciales propias de cada tipo de viviente.

Dijimos que la forma substancial se refiere al modo de ser unitario de la substancia y al conjunto de posibilidades de actuar que corresponden al modo de ser, y que es acto, energía, naturaleza activa. En los vivientes, su forma substancial o alma es *acto primero*: expresa el modo de ser esencial, que siempre está en acto mientras el viviente existe. Para obrar, el viviente debe pasar de potencia a acto: posee unas *potencias activas* o *facultades vitales* que le capacitan para actuar, pero debe actualizarlas en cada caso. Cuando el viviente actualiza una de sus facultades o potencias activas, pasa a *acto segundo*, que es la acción u operación, el obrar. *El obrar sigue al ser*: el ser en acto segundo, que es la acción, se realiza de acuerdo con el modo de ser de cada viviente, o sea, lo que es en acto primero y que viene expresado por su forma substancial o alma.

5. ARISTÓTELES, *Acerca del alma*, II, 1, 412 a 9 - b 6.

6. TOMÁS DE AQUINO, *In Aristotelis librum De Anima Commentarium*, quinta edición, Marietti, Torino 1959: libro II, capítulo 1, pp. 60-62 (nn. 219, 221, 229, 230 y 233).

Cuando hablamos de «alma», hemos de tener en cuenta que este término tiene una larga historia, no sólo en la filosofía, sino también en la religión y la teología. Más adelante nos referiremos expresamente al alma humana y a su espiritualidad. Por el momento, sólo nos estamos refiriendo al alma de los vivientes en general, y afirmamos que las ideas aristotélicas se pueden aplicar en la actualidad, de acuerdo con las puntualizaciones que hicimos al hablar de la forma substancial.

En efecto, hemos subrayado que los vivientes poseen un tipo específico de unidad e individualidad: aunque algunos de ellos formen colonias, los vivientes son típicamente seres individuales que poseen una organización material muy específica y un dinamismo propio que se manifiesta en las funciones vitales. Todo ello responde a la idea aristotélica del alma como acto primero esencial de un organismo, que se refiere a la forma substancial, a la energía original que corresponde al modo de ser de cada viviente. Desde luego, existe una gradación amplia en la que se distinguen muchos tipos de vivientes, pero tienen en común lo que expresa la idea general del alma. Además, la idea de forma substancial expresa de modo muy adecuado que ese alma forma una sola cosa con las condiciones materiales en las que existe: lo que propiamente existe es el viviente, y el alma no expresa una parte física o la simple estructura del mismo. Repetimos que, por el momento, no nos referimos a la espiritualidad del alma humana, que constituye un caso aparte.

La conceptualización filosófica del alma de los vivientes no sólo es compatible con el progreso de la biología, sino que expresa adecuadamente el modo de ser peculiar de las entidades biológicas. La filosofía de la naturaleza no debe sustitutir a la biología; sus explicaciones no son como las de la ciencia experimental: en filosofía de la naturaleza buscamos, más bien, representar lo más fielmente posible el modo de ser de los entes naturales, que en el caso que nos ocupa son los vivientes. En la naturaleza ocupan un lugar central los vivientes, que responden de modo particularmente fiel a la caracterización de lo natural mediante el entrelazamiento de dinamismo propio y estructuración espacio-temporal. Y esta caracterización de los vivientes corresponde a las ideas básicas que fueron expresadas por Aristóteles, cuya filosofía está especialmente centrada en torno a los vivientes.

Hemos subrayado también que el progreso de la biología contemporánea destaca la importancia de la direccionalidad en el mundo viviente. En el caso de los vivientes individuales, la existencia de una finalidad inmanente es un hecho que puede ser ilustrado con abundantes ejemplos, que aumentan con el progreso científico. Sin embargo, la finalidad natural debe afrontar un reto de otro tipo cuando examinamos, como lo haremos a continuación, la evolución de los vivientes.

29. El origen de la vida y la evolución de las especies

Uno de los aspectos más destacados de la cosmovisión actual es la importancia que se atribuye a las teorías sobre los orígenes del mundo, de los vivientes y

del hombre. Por primera vez en la historia, se dispone de teorías generalmente admitidas por los científicos, que afirman la existencia de un gran proceso en el que se habría producido, de forma gradual, la aparición de los sucesivos niveles de organización que existen en la naturaleza.

Examinaremos ahora el evolucionismo biológico, según el cual los vivientes actuales proceden de otros más primitivos por sucesivas transformaciones. Esta idea fue ganando terreno a lo largo del siglo XIX, a medida que se acumulaban pruebas apoyadas en los fósiles y en los estudios de anatomía comparada.

La primera teoría transformista fue propuesta por Lamarck en su libro *Filosofía zoológica*, publicado en 1809. En 1859, con la publicación de *El origen de las especies* de Charles Darwin, el transformismo logró gran difusión en el ámbito científico y cultural. Los progresos de la genética dieron lugar, hacia 1930, a la formulación del neo-darwinismo o teoría sintética de la evolución. En la actualidad, los biólogos suelen admitir el *hecho* de la evolución, aunque no existe unanimidad acerca de las *explicaciones* concretas de sus mecanismos.

Si se contempla la naturaleza bajo la perspectiva del entrelazamiento del dinamismo y la estructuración, la evolución aparece como un conjunto de procesos morfogenéticos en los diferentes niveles naturales. En cada fase de la evolución existen unas virtualidades que se actualizan en función de los factores que intervienen; se producen nuevos tipos de organización que poseen nuevos tipos de dinamismos y virtualidades, cuyo despliegue y actualización producen, a su vez, otros niveles de organización, y así sucesivamente. Todo ello puede ser contemplado como el despliegue de una información original que, en sucesivos niveles de organización, da lugar a nuevas pautas informacionales de complejidad creciente.

Dos son los problemas principales en torno a la evolución biológica: el origen de los primeros vivientes, y el sucesivo origen de unas especies a partir de otras. Aunque el segundo problema se enfrenta con dificultades nada triviales, el primero es quizás más difícil aún.

Examinaremos a continuación las explicaciones científicas acerca del origen de la vida y de su posterior evolución, añadiendo algunas reflexiones sobre las implicaciones filosóficas de estos problemas.

29.1. *El origen de la vida*

Biogénesis abiótica significa que los primeros vivientes se formaron a partir del nivel físico-químico mediante procesos naturales. Se trata de un proceso que no se observa actualmente en la naturaleza y que, por el momento, no se puede producir en el laboratorio. Los vivientes que conocemos provienen de otros vivientes.

Los antiguos afirmaron que en algunos casos (como la putrefacción) existía la *generación espontánea*, o sea, la generación de algunos vivientes imperfectos

a partir de materia inorgánica. Esta opinión fue sostenida, por ejemplo, por Tomás de Aquino[7]. Sin embargo, los experimentos de Pasteur en 1860 indicaron que en nuestro mundo no existe la generación espontánea, y que los procesos que parecían apoyarla se debían a un insuficiente aislamiento del material utilizado: cuando se aislaban convenientemente los productos, evitando su comunicación con los microorganismos del ambiente exterior, no aparecía ningún viviente.

Sin embargo, el problema de la biogénesis abiótica volvió a plantearse más tarde, de una nueva manera, cuando se afianzó el evolucionismo. Se trataba ahora del origen de los primeros vivientes, proceso que se habría dado históricamente, de acuerdo con procesos naturales, en una época muy remota: unos 700 millones de años después de la formación de la Tierra.

Suele admitirse que la Tierra se formó hace unos 4.500 millones de años, y que los fósiles más antiguos pertenecientes a seres vivos se remontan a unos 3.800 millones de años. Sin duda, 700 millones de años constituyen un tiempo amplio; sin embargo, si se tiene en cuenta la enorme complejidad de los vivientes con respecto a la materia inorgánica, ese tiempo parece demasiado corto para que los primeros organismos llegasen a formarse de modo casual. Se han propuesto diferentes explicaciones sobre el posible origen químico de la vida; pero la complejidad de los vivientes, por muy elementales que sean, sigue constituyendo un desafío para comprender cómo se pudieron formar unas estructuras tan sofisticadas, en las que unas partes dependen de otras, mediante procesos aleatorios. En este terreno, no existe unanimidad entre los científicos, y las discrepancias afectan a todas las dimensiones del problema.

En cuanto al *ambiente donde surgió la vida*, según la interpretación más difundida (que con frecuencia se presenta como segura), habría existido una «sopa primitiva», en el océano cuyas aguas rodean las islas volcánicas, que contendría los elementos químicos más indispensables para la vida, y allí se habrían formado los primeros seres vivos, bacterias unicelulares capaces de reproducirse[8]. Sin embargo, algunos científicos advierten que esa explicación ofrece dificultades, y avanzan otro tipo de posibles explicaciones; por ejemplo, se ha argumentado en favor de los cristales de arcilla como la materia prima en la que se podrían haber originado los primeros organismos[9].

En cuanto a los *procesos que habrían producido los primeros organismos*, la principal dificultad consiste en explicar la formación de los primeros sistemas ca-

7. Puede verse, por ejemplo: Tomás de Aquino, *Suma Teológica*, I, q. 71, a. 1, ad 1m; I, q. 91, a. 2, ad 2m. En estos textos se afirma la generación de vivientes imperfectos a partir de la putrefacción, bajo la acción de los cuerpos celestes, y se niega que de ese modo puedan generarse los animales perfectos, en cuya generación interviene el semen.

8. Cfr. R. Gore, "Our Restless Planet Earth", *National Geographic Magazine*, vol. 168, n.º 2, agosto 1985, p. 151: este artículo es un ejemplo de la seguridad con que suele presentarse esa hipótesis.

9. Cfr. A. G. Cairns-Smith, "Los primeros organismos", *Investigación y ciencia*, n.º 107, agosto 1985, pp. 54-63.

paces de autorreplicarse, en ausencia de los mecanismos que ahora permiten la replicación. En efecto, en los vivientes actuales, la replicación se efectúa mediante la cooperación de los ácidos nucleicos (ADN y ARN) y las proteínas; pero las proteínas se fabrican mediante procesos dirigidos por los ácidos nucleicos, y la actividad de los ácidos nucleicos exige la intervención de proteínas: por tanto, parece que nos encontramos en un círculo vicioso.

La salida de ese círculo podría encontrarse en los *hiperciclos*. Se trata de procesos en los cuales una entidad produce los factores necesarios para su propia replicación, a través de un proceso cíclico: existen circuitos de retroalimentación que hacen posible una «autocatálisis» [10]. En esa línea, se ha propuesto que el RNA (ácido ribonucleico) podría ser el precursor original de la vida que conocemos; la posibilidad se basa en la existencia de diferentes tipos de RNA, y en su capacidad de autorreplicarse combinando las funciones catalíticas y de «molde»: el RNA puede dirigir tanto la replicación como la producción de los factores necesarios para ello [11].

Existen, sin embargo, otras posibles explicaciones sobre el origen de la vida. Ya hemos aludido a alguna de ellas, pero existen más. Aunque con frecuencia se afirma, sobre todo en textos más bien divulgativos, que ya se ha explicado el origen de la vida, y de hecho existen teorías que gozan de cierta aceptación, los enigmas que todavía esperan respuesta no son pocos ni pequeños [12]. Algunos científicos consideran enormemente improbable que se haya formado la vida sobre la Tierra de modo espontáneo, y postulan que la vida, o al menos algunos de los componentes orgánicos básicos, debieron llegar a la Tierra procedentes del espacio exterior o de algún planeta habitado [13]; pero, de este modo, no se resuelve el problema: sólo se desplazan los interrogantes.

10. Se explica este tipo de procesos, aplicándolos al problema del origen de la vida, en: M. EIGEN - W. GARDINER - P. SCHUSTER - R. WINKLER-OSWATITSCH, "Origen de la información genética", *Investigación y ciencia*, n.º 57, junio 1981, pp. 62-81. Eigen y Schuster propusieron esta explicación en 1977.

11. Cfr. R. F. GESTELAND - J. F. ATKINS (editores), *The RNA World*, Cold Spring Harbor Laboratory Press, Plainview (New York) 1993, donde se estudian los diferentes aspectos de ese modelo y los argumentos que lo apoyan.

12. Las dificultades se reflejan en: John HORGAN, "Tendencias en evolución. En el principio...", *Investigación y ciencia*, n.º 175, abril 1991, pp. 80-90, donde se analiza el panorama de las diferentes explicaciones que se han propuesto. En el subtítulo de ese artículo se dice que "hay puntos de vista muy dispares sobre cuándo, dónde y, sobre todo, cómo empezó la vida sobre la Tierra". Se advierte que las explicaciones que suelen figurar en los libros de texto han sido seriamente cuestionadas. Se analizan las diversas propuestas. Y en un resumen esquemático se dice que este problema "es un telar de Penélope donde nuevos datos arruinan las ideas asentadas".

13. La hipótesis de la «panspermia», según la cual existen gérmenes de vida en el espacio y de ahí habrían llegado a la Tierra, es antigua. En nuestros días, Francis Crick (premio Nobel, junto con James Watson, por su descubrimiento de la estructura en doble hélice del ADN), habla de la «panspermia dirigida»; gérmenes de vida, o quizás bacterias, podrían haber sido enviados a nuestro planeta de modo intencionado: cfr. F. CRICK, «Foreword», en: R. F. GESTELAND - J. F. ATKINS (editores), *The RNA World*, cit., p. xiv.

29.2. *La evolución de las especies*

Las teorías evolucionistas afirman que, a partir de los primeros organismos, se han originado mediante procesos naturales los demás vivientes. Existe en la actualidad un amplio consenso entre los biólogos acerca del *hecho* de la evolución, aunque también existen discrepancias, a veces serias, acerca de su *explicación*.

En 1809, Jean Baptiste de Lamarck (1744-1829) defendió el *transformismo* biológico, o sea, el origen de unas especies a partir de la transformación de otras más primitivas, e intentó explicarlo mediante la *herencia de los caracteres adquiridos*. El ejemplo clásico es el del cuello de la jirafa: gracias a los esfuerzos por alcanzar alimentos situados a alturas cada vez mayores, el cuello se fue alargando y esas variaciones se transmitieron a los descendientes. Esta explicación ha sido rechazada posteriormente, aunque algunos científicos sostienen que, en algunos casos, existen procesos cuasi-lamarckianos.

En 1859, Charles Darwin (1809-1882) publicó *El origen de las especies*, obra que contribuyó decisivamente a una aceptación cada vez mayor de la teoría evolucionista. La explicación de Darwin se centraba en la *selección natural*: se supone que en los vivientes se dan pequeñas variaciones hereditarias, algunas de las cuales confieren a sus poseedores ventajas en la *lucha por la supervivencia*; los seres mejor *adaptados* tendrán más descendencia y, a la larga, mediante un proceso *gradual*, las pequeñas ventajas se irán acumulando hasta producir nuevos tipos de vivientes, o sea, nuevas especies.

Cuando Darwin formuló su teoría, casi nada se conocía acerca de las variaciones postuladas por Darwin ni de su herencia. La genética, que estudia esos problemas, aún no había nacido. Gregor Mendel (1822-1884) formuló sus leyes, que constituyen la base de la genética, en la misma época en que se afianzaba el darwinismo, pero esas leyes sólo fueron conocidas y valoradas a partir de 1900. Al no contar con una base genética, el darwinismo encontraba dificultades; sin embargo, el progreso de la genética contribuyó a apoyar la idea evolucionista. Hacia 1930, se formuló la denominada *teoría sintética* de la evolución, o *neo-darwinismo*, que unió las ideas de Darwin con los avances de la genética y el estudio de las poblaciones. Más tarde, la biología molecular ha proporcionado otros ingredientes básicos a las teorías evolutivas.

El neodarwinismo afirma que las variaciones que se encuentran en la base de la evolución son las mutaciones genéticas, o sea, cambios en el ADN, que se producen por causas diversas pero siempre «al azar» (porque no responden a una intención de la naturaleza). Existen muchas mutaciones, y la mayoría provocan transtornos que hacen inviable al nuevo ser; pero algunas pueden ser viables y beneficiosas, y ésas son las que se conservan. Como las mutaciones genéticas afectan al material hereditario (los genes), se transmiten a los descendientes; de este modo, los efectos de las mutaciones beneficiosas se amplificarán, porque sus portadores se encontrarán en una situación ventajosa en la lucha por la existencia: se

produce una «selección natural», así denominada por analogía con la selección artificial en la cual conseguimos mejorar las características de los animales y las plantas mediante los cruces apropiados. Eventualmente, esa amplificación puede provocar, por acumulación de muchos pequeños cambios, la aparición de nuevos tipos o especies de vivientes. En definitiva, según el neodarwinismo, la evolución se explica por la combinación de *mutaciones al azar* y *selección natural*[14].

Son muchos los problemas implicados por el evolucionismo. Por tanto, no puede extrañar que, aunque exista un amplio consenso entre los biólogos acerca del hecho evolutivo, también existan discrepancias acerca de muchas explicaciones concretas. Señalaremos algunas de ellas.

Una de las discrepancias se refiere al alcance de la selección natural. El darwinismo interpreta los diferentes caracteres biológicos en términos de ventajas o desventajas adaptativas por medio de la selección natural. Sin embargo, el *neutralismo* (propuesto por Motoo Kimura) afirma que muchos cambios del ADN, incluso la mayoría, no tienen un significado adaptativo: son «neutrales» en este aspecto[15].

Otra discrepancia se refiere al carácter gradual de la evolución. El darwinismo interpreta los cambios evolutivos como el resultado de la lenta acumulación de pequeños cambios; es una teoría «gradualista». Pero el «saltacionismo» o teoría de los *equilibrios puntuados* (propuesto por Stephen Jay Gould y Niles Eldredge) afirma la existencia de cambios bruscos, que no responden a una lenta acumulación de variaciones, sino a otro tipo de mecanismos[16]. De este modo se comprendería que el registro fósil presente importantes lagunas en los cambios graduales postulados por el darwinismo.

Además, parece lógico suponer que, para que exista una evolución desde los organismos más primitivos hasta el organismo humano, deberían existir unas leyes o principios de organización, que por el momento nos son desconocidos, capaces de «guiar» tan complicado proceso hasta su forma actual. Se han formulado intentos en esta dirección, en los cuales no se concede demasiada importancia a la selección y al azar. Sin embargo, los conocimientos actuales son insuficientes para abordar con seguridad estos problemas, que son objeto de controversias y de especulaciones.

Por ejemplo, cada vez se conocen mejor dos ámbitos que pueden proporcionar importantes claves para comprender la evolución. Por una parte, la *regulación*

14. Se encuentra una colección de estudios sobre la evolución, interpretada a la luz del neodarwinismo, en: AA. VV. *Evolución*, Labor, Barcelona 1982. Sobre los principios básicos del neodarwinismo, cfr. F. J. AYALA, "Mecanismos de la evolución", *ibid*., pp. 13-28.

15. Cfr. M. KIMURA, "Teoría neutralista de la evolución molecular", *Investigación y ciencia*, n.º 40, enero 1980, pp. 46-55.

16. Cfr., por ejemplo: S. J. GOULD, "The meaning of punctuated equilibrium, and its role in validating a hierarchical approach to macroevolution", en: R. MILKMAN (editor), *Perspectives on Evolution*, Sinauer, Sunderland (Mass.) 1982, pp. 83-104.

génica, o sea, la existencia de programas que regulan la expresión de los genes, podría explicar que un solo cambio en un factor regulativo pudiera provocar la aparición de nuevos planes de organización. Por otra parte, como resultado de los nuevos conocimientos acerca de la *auto-organización*, también se podría explicar la aparición de nuevas características en función de las virtualidades y tendencias inscritas en lo natural. Esos dos ámbitos se encuentran relacionados y puede esperarse que contribuirán a que progrese nuestro conocimiento de la evolución biológica[17].

La evolución de las teorías evolucionistas es continua; una vez y otra se formulan nuevas síntesis que suelen incluir nuevos puntos de vista[18]. Esto no significa que esas teorías sean poco rigurosas ni que el filósofo pueda prescindir de ellas: la situación es semejante a la que se encuentra en otros ámbitos de las ciencias, y las discusiones suelen referirse a los mecanismos de la evolución, no al hecho. Por otra parte, advertir los límites de las explicaciones actuales es el único modo de progresar; cuando se afirma el carácter definitivo y completo de las explicaciones actuales, que presentan muchas lagunas, en realidad se está obstaculizando el progreso científico.

29.3. *La evolución: ciencia y filosofía*

La evolución biológica y la perspectiva filosófica se complementan. En efecto, las teorías científicas se refieren al hecho de la evolución y a sus mecanismos; en cambio, la reflexión filosófica se centra en torno al significado de la evolución: analiza sus *condiciones de posibilidad* y sus *implicaciones*.

a) *Evolución y creación*

Las condiciones de posibilidad de la evolución remiten al problema de la creación. Para mostrarlo, mencionaremos tres condiciones de posibilidad de la evolución que se refieren a sus supuestos, o sea, a requisitos que han debido darse para que la evolución sea posible.

17. Puede verse, por ejemplo: Stuart A. KAUFFMAN, *The Origins of Order. Self-Organization and Selection in Evolution*, Oxford University Press, Oxford 1993. El autor se adentra en ámbitos difíciles que pueden requerir matizaciones científicas y filosóficas, pero en cualquier caso, su trabajo constituye una muestra de los problemas que han de afrontar las actuales teorías evolucionistas y de algunas posibles líneas de solución en la línea de la auto-organización.

18. Puede verse, por ejemplo: G. Ledyard STEBBINS - F. J. AYALA, "La evolución del darwinismo", *Investigación y ciencia*, n.º 108, septiembre 1985, pp. 42-53. Los autores concluyen el artículo con estas palabras: "Cualquiera que sea el nuevo acuerdo que surja de la investigación y la controversia actuales, no es probable que exija el rechazo del programa básico del darwinismo y de la teoría elaborada a mediados de este siglo. La teoría sintética del siglo XXI se apartará considerablemente de la que se elaboró hace unos pocos decenios, pero su proceso de aparición tendrá más de evolución que de cataclismo".

En primer lugar, para que la evolución sea posible se requiere, ante todo, que existan unas entidades y unas leyes básicas que puedan servir como base de la evolución.

En segundo lugar, esas entidades y leyes han de ser muy específicas, porque deben poseer unas virtualidades (o posibilidades, o potencialidades) a partir de las cuales puedan formarse entidades que posean nuevos tipos de organización: y esto de tal manera que las nuevas entidades posean a su vez nuevas virtualidades que permitan el paso siguiente; y así sucesivamente, a lo largo de la amplia escala evolutiva.

En tercer lugar, han debido darse, en cada fase de la evolución, las condiciones que han hecho posible la actualización de las virtualidades.

Una analogía que puede ayudar a comprender el problema es la de una obra escrita (una novela, un drama, o una obra de cualquier otro género). Para que la obra pueda existir, es necesario que exista un lenguaje escrito; por tanto, un alfabeto o conjunto de signos dotados de un significado concreto, y unas reglas que determinen la unión de esos signos en palabras y frases dotadas de sentido. Es necesario, además, que se unan las letras, las palabras y las frases, formando un conjunto inteligible. Si se trata de una obra de calidad, también será necesario que el conjunto y cada una de sus partes posean unidad, interés y elegancia.

De modo semejante, para que los organismos que conocemos hayan podido producirse mediante un proceso evolutivo, es necesario que existan los componentes básicos del nivel físico-químico (las partículas y fuerzas fundamentales); que esos componentes posean unas propiedades específicas que permitan la formación de sucesivos niveles de organización (núcleos, átomos, moléculas, macromoléculas) hasta llegar a los primeros vivientes; y que, en el nivel biológico, se puedan producir nuevas combinaciones que conduzcan a nuevas formas de organización. Conocemos el resultado: la escala de vivientes que culmina en el hombre, y este resultado posee una organización enormemente sofisticada; por tanto, las virtualidades que estaban presentes desde el principio en los componentes básicos deben ser muy específicas. Por fin, en cada paso evolutivo han debido darse unas circunstancias precisas y una cooperatividad que ha hecho posible que los diferentes factores se integrasen para producir nuevas estructuras.

Por tanto, las teorías evolucionistas no explican todo. Se apoyan en unos *supuestos*, o *condiciones de posibilidad*: la existencia de una materia y de unas leyes muy específicas, cuyas virtualidades han permitido la sucesiva producción de toda una serie de organismos que forman una escala enormemente variada cuyo resultado final es el organismo humano.

Si estas reflexiones se prolongan, conducen finalmente al problema de la *creación divina del mundo*. La ciencia puede estudiar cómo se originan unas entidades a partir de otras, pero no puede dar razón de la existencia misma del mundo y de sus propiedades básicas. Puede decirse, por tanto, que el problema de la

creación es un problema metafísico que trasciende las posibilidades del método científico y que se refiere a las condiciones que hacen posible la evolución.

Afirmamos que *entre evolución y creación no hay contradicción*; y además, que *la reflexión sobre las condiciones de posibilidad de la evolución conduce al problema de la creación*. En este ámbito, subsisten algunos equívocos que se deben a dos posiciones extremas. Por una parte, la que defiende un evolucionismo que, yendo más allá de lo que permite afirmar la ciencia, niega la creación o la acción divina en el mundo, y por otra, la de algunos fundamentalistas religiosos que, en nombre de la Biblia, niegan la posibilidad de la evolución biológica. Pero ambas posiciones son ilegítimas: ni la ciencia puede negar la acción divina, ni la religión es competente para oponerse a argumentos verdaderamente científicos.

b) *Evolución y finalidad*

La evolución se relaciona también con el problema de la finalidad. En efecto, la existencia de una serie de niveles de organización cada vez más complejos y sofisticados que culminan en el organismo humano sugiere la existencia de una «orientación» o «dirección» en el proceso evolutivo. Por tanto, si buscamos las causas que permiten comprender de modo completo la evolución, surge la pregunta sobre la existencia de un *plan superior* que gobierna la evolución.

En ocasiones se ha afirmado que existe una «ortogénesis global», o sea, una «tendencia evolutiva» que ha conducido a los resultados que conocemos, y que, por tanto, es posible probar científicamente que la evolución está «dirigida» [19]. Desde luego, es evidente que, de hecho, existe una serie de niveles de organización en la cual, no siempre pero sí bajo algunos aspectos importantes, puede distinguirse un progreso en la organización; y también es evidente que este hecho requiere una explicación. Sin embargo, no parece posible concluir que exista una tendencia que haya conducido necesariamente a los resultados que conocemos; por una parte, porque nuestro mundo es contingente, y por otra porque, incluso si se afirma la existencia de un plan divino, ese plan puede incluir avances y retrocesos, explosiones de vida y extinciones en masa: nada obliga a identificarlo con un proceso lineal y siempre progresivo.

Con frecuencia se niega la existencia del plan divino argumentando, precisamente, que el proceso evolutivo no es siempre progresivo, o sea, que incluye éxitos y fracasos (por ejemplo, la mayoría de las especies se han extinguido); se aña-

19. Pierre Teilhard de Chardin intentó probar que existe en la evolución una direccionalidad ascendente. Sus argumentos se basan en la existencia de niveles crecientes de organización, que culminan en el sistema nervioso y en la cerebralización, y se encuentran unidos a un aumento progresivo de la consciencia. Sobre esa base se consideró autorizado a afirmar, como si se tratase de una conclusión científica, que la evolución está «dirigida». Cfr. P. TEILHARD DE CHARDIN, *El fenómeno humano*, Taurus, Madrid 1967, pp. 173-178. Se trata de una versión teísta del «impulso vital» de Bergson: cfr. H. BERGSON, *La evolución creadora*, Espasa Calpe, Madrid 1985 (original de 1907).

de que muchos resultados evolutivos no parecen responder a un plan previsto, sino a adaptaciones oportunistas; y se subraya además que el azar desempeña una función importante en el proceso, lo cual no parece compatible con la existencia de un plan. Sin embargo, estas dificultades sólo serían incompatibles con un plan completamente «lineal», siempre progresivo, que se despliega de modo completamente necesario; pero ya se ha señalado que no existe motivo para pensar que el plan divino deba ajustarse a ese modelo: más bien resulta congruente pensar que, si Dios ha querido producir los vivientes mediante un proceso evolutivo, ese proceso incluirá todas las contingencias propias de un gigantesco proceso que se despliega a lo largo de una duración muy grande y contiene muchos factores aleatorios.

En otros casos, se dice que la existencia de un plan divino sería incompatible con el espíritu científico, que busca explicar los fenómenos mediante causas naturales. En realidad, la acción divina no sólo es compatible con las leyes naturales, sino que las fundamenta y hace posible su actuación; además, permite comprender la racionalidad de un proceso evolutivo que, si sólo se debiera a fuerzas ciegas, quedaría envuelto en un gran misterio.

El interrogante acerca de la existencia de un plan divino se encuentra fuera del alcance de las teorías evolucionistas: la ciencia puede estudiar el hecho y las modalidades de la evolución, pero la posible existencia de un plan divino sobrepasa las posibilidades de su método. En consecuencia, los mismos motivos que impiden afirmar científicamente la existencia de un plan superior, impiden también negar su existencia en nombre de la ciencia. Sin embargo, los conocimientos proporcionados por las ciencias invitan a plantear la pregunta acerca del plan divino.

Se comprende, por tanto, que a Jacques Monod, premio Nobel, quien afirmó que "El hombre sabe ahora que está solo en la inmensidad indiferente del universo de donde ha emergido por azar", Christian de Duve, también premio Nobel, haya replicado: "Esto es, por supuesto, absurdo. Lo que el hombre sabe —o, al menos debería saber— es que, con el tiempo y cantidad de materia disponible, ni siquiera algo que se asemejase a la célula más elemental, por no referirnos ya al hombre, hubiese podido originarse por un azar ciego si el universo no los hubiese llevado ya en su seno"[20].

c) *Evolución y emergencia*

Para que exista la evolución, deben existir unas causas proporcionadas. En este sentido, una objeción clásica contra la evolución consiste en afirmar que *lo más no puede surgir de lo menos*, o sea, que el efecto no puede ser superior en perfección a la causa. ¿Cómo se explica que, a lo largo del proceso evolutivo, se produzcan nuevas perfecciones que antes no existían?

20. Christian DE DUVE, *La célula viva*, Labor, Barcelona 1988, p. 358. Se encuentran reflexiones interesantes en torno a esta temática en: Ernan MCMULLIN, "Contingencia evolutiva y finalidad del cosmos", *Scripta Theologica*, 30 (1998), pp. 227-251.

La emergencia de nuevas perfecciones se explica, en primer lugar, por la integración de diferentes factores en un nuevo sistema unitario. De hecho, en el nivel físico-químico existen muchos procesos en los que se forman nuevos sistemas dotados de caracteres holísticos y propiedades emergentes. En el nivel biológico, las mutaciones genéticas provocan cambios en la información genética, y si son viables, se producirán nuevas características. Las mutaciones tienen causas determinadas, y el despliegue del programa genético es la causa de las nuevas características. Así se explica que puedan aparecer novedades en los organismos.

Sin embargo, las novedades estructurales van unidas, en el nivel biológico, a *modos de ser* peculiares, a una «interioridad» cuya relación con la «exterioridad» estructural es un tanto misteriosa: las tendencias de los vivientes y el psiquismo de los animales. Parece indudable que existe un paralelismo entre el grado de *organización* y la *interioridad* de los vivientes; y también es claro que, a medida que se avanza en el conocimiento de las estructuras biológicas, se determinan mejor los aspectos concretos de ese paralelismo. Sin embargo, la interioridad de los vivientes sigue siendo objeto más de admiración que de comprensión.

Es lógico que las teorías evolucionistas encuentren límites en ese ámbito. Las explicaciones científicas son tanto más rigurosas cuanto más directamente pueden ser comprobadas mediante el control experimental; pero es difícil someter a control experimental la interioridad de los vivientes: la ciencia debe contentarse con estudiar las conexiones entre esa interioridad y las estructuras espacio-temporales que con ella se relacionan.

d) *Evolución y acción divina*

Podemos concluir que la evolución biológica no sólo es compatible con la acción divina, sino también que la acción divina nos sitúa en una perspectiva muy adecuada para comprender las condiciones que hacen posible la evolución.

Algunos autores afirman que la combinación de las *mutaciones al azar* con la *selección natural* basta para explicarlo *todo*: las mutaciones son la fuente de la variabilidad; la selección es la fuente del orden, porque es un filtro que sólo permite el paso de los organismos mejor dotados; y no hay por qué recurrir a otras explicaciones. En algunos casos, esos autores sólo pretenden subrayar que la filosofía o la teología no deberían invadir el terreno científico. Sin embargo, en otros casos se niega la legitimidad de la filosofía y de la teología, y se sostiene, explícita o implícitamente, que la ciencia no deja lugar para interrogantes filosóficos o teológicos: esos interrogantes corresponderían a preguntas mal planteadas, porque el único método legítimo para estudiar la naturaleza sería el método científico. En este último caso, se defiende una posición típicamente cientificista[21].

21. Jacques Monod, premio Nobel por sus trabajos en biología, es un ejemplo paradigmático de esa actitud (cfr. su obra *El azar y la necesidad*, Barral, Barcelona 1971), que ha sido defendida posterior-

La tesis según la cual las mutaciones genéticas y la selección natural bastan para proporcionar una explicación completa de la evolución debe afrontar serias dificultades. En efecto, si bien la selección natural puede desempeñar una función en la formación del orden de la naturaleza, no puede ser la *causa propia* de ese orden. La selección consiste en dejar pasar a una parte de los candidatos y cerrar las puertas a otros y, en ese sentido, produce una situación más ordenada. Sin embargo, para poder seleccionar unos candidatos, es necesario que existan previamente: es imposible que se seleccionen unas *propiedades positivas* si no han sido producidas previamente. En cualquier caso, las propiedades deben producirse mediante *causas propias*: los ojos, el cerebro, el radar de los murciélagos y la información genética son el resultado de *causas positivas*, no del filtro de la selección.

Podría decirse que esas causas son *las mutaciones genéticas*, que no se producen de modo finalista (no van dirigidas hacia un fin), sino *al azar*. Pero esa afirmación, aunque contiene una parte de verdad, puede ser también una fuente de equívocos si se la interpreta como una explicación completa. En efecto, aunque se produzcan muchas mutaciones aleatorias, sólo resultarán viables unas pocas, concretamente aquellas que puedan integrarse funcionalmente dentro de un programa muy complejo que ya está actuando. Que exista la posibilidad de esas sucesivas integraciones, enormemente sutiles, que conducen a niveles crecientes de complejidad, deja la puerta abierta a los interrogantes acerca de las virtualidades, las tendencias y su explicación última, e incluso invita a formular esos problemas.

En último término, la combinación de mutaciones y selección puede explicar algunos aspectos de la producción de los vivientes, pero resulta insuficiente como *explicación total* de los aspectos holísticos, direccionales y cooperativos que existen en la evolución.

Cuando se niega la legitimidad de los interrogantes filosóficos en nombre de la ciencia se adopta una perspectiva *cientificista*, según la cual sólo existe un camino para conocer la naturaleza: el que utiliza la ciencia experimental. En realidad, el cientificismo responde a motivaciones que no son científicas, sino filosóficas e incluso teológicas. En el caso de la evolución, suele responder al deseo de afirmar, como si se tratase de una conclusión científica o basada en la ciencia, que las explicaciones proporcionadas por las teorías de la evolución no dejan ningún lugar para un Dios creador y providente[22].

mente con gran vigor por Richard Dawkins, profesor de biología en la Universidad de Oxford, en su obra *El relojero ciego*, Labor, Barcelona 1988.

22. El caso de Dawkins es claro. Su libro va dirigido a mostrar que no es necesario recurrir a Dios para explicar la evolución. Se ha dicho que la existencia de un reloj remite necesariamente a un relojero, pero Dawkins pretende mostrar que bastaría el recurso a la selección natural, que es un «relojero ciego»: "La selección natural, el proceso automático, ciego e inconsciente que descubrió Darwin, y que ahora sabemos que es la explicación de la existencia y forma de todo tipo de vida con un propósito aparente, no tiene ninguna finalidad en mente. No tiene mente ni imaginación. No planifica el futuro. No tiene ninguna visión, ni previsión, ni vista. Si puede decirse que cumple una función de relojero en la naturaleza, ésta es la de relojero ciego...; el «diseñador» es la selección natural inconsciente, el relojero ciego...; nuestra

Sin embargo, esa afirmación es ilegítima, porque se presenta como científica cuando, en realidad, no lo es. El cientificismo equivale a un *reduccionismo* que niega arbitrariamente los problemas que no caben en sus estrechos moldes [23].

Ya se ha advertido que, en otras ocasiones, se afirma que las teorías evolucionistas son suficientes, pero no porque se niegue la legitimidad de los problemas filosóficos, sino porque se desea evitar la introducción de discusiones filosóficas en el campo científico [24]. En ese caso, no se adopta una posición cientificista; sólo se pretende distinguir lo que pertenece a la ciencia y lo que responde a otras perspectivas. Esa distinción es razonable e incluso necesaria, y en nada se opone a nuestra conclusión. Sin embargo, desde el punto de vista científico y epistemológico es discutible que las teorías actuales basten para explicar completamente la evolución, aunque sólo sea en el nivel de las explicaciones científicas. Parece, más bien, que quedan muchos e importantes aspectos por explicar.

Sin embargo, lo que aquí interesa subrayar es que, independientemente de los logros en el nivel científico, para conseguir una perspectiva completa sobre la evolución, las explicaciones científicas han de ser completadas considerando las dimensiones metafísicas del problema, que se refieren especialmente a la creación del universo y a la existencia de un plan divino que lo gobierna. Esto en nada se opone a la ciencia, porque la afirmación de la acción divina que da el ser a todo lo que existe en la naturaleza y lo gobierna, haciendo posible el despliegue de los dinamismos naturales y la producción de novedades emergentes, no se refiere a los mecanismos concretos estudiados por las ciencias, sino a su fundamento radical: se sitúa en un nivel que es diferente al de las ciencias y que se complementa con ellas.

hipótesis actual es que el trabajo fue hecho por la selección natural, en estadios evolutivos graduales": *El relojero ciego*, cit., pp. 4, 27 y 28.

23. También en este aspecto es paradigmático el caso de Dawkins. Afirma que, si hay alguna cosa compleja que no entendamos aún, podremos llegar a comprenderla en términos de partes más simples que ya comprendamos; y añade que si un ingeniero, al proporcionar explicaciones de ese tipo, "comenzara a aburrirme diciéndome que el conjunto es mayor que la suma de las partes, le interrumpiría: Eso no me importa, dígame sólo cómo *trabaja* ": cfr. R. DAWKINS, *El relojero ciego*, cit., p. 9. Evidentemente, esta posición es un *reduccionismo*, como el mismo Dawkins lo reconoce (aunque pretende justificar su enfoque diciendo que él admite una jerarquía de niveles naturales): sólo tiene en cuenta las explicaciones en términos de los *componentes* y el *funcionamiento*, y deja de lado cualquier pregunta filosófica. Es legítimo circunscribirse a un método particular; pero cuando se niega que exista aquello que no puede ser estudiado mediante ese método, se llega a una perspectiva incompleta y arbitraria.

24. Se encuentra un ejemplo de este tipo en: M. DELSOL - P. SENTIS - R. PAYOT - R. LADOUS - J. FLATIN, "Le hasard et la sélection expliquent-ils l'évolution? Biologie ou métaphysique", *Laval théologique et philosophique*, 50 (1994), pp. 7-41. Los autores afirman que el neodarwinismo explica completamente la evolución en el nivel científico, lo cual es discutible; pero afirman a la vez la legitimidad de los interrogantes filosóficos sobre la evolución y proporcionan una base para ellos, sobre todo cuando subrayan con énfasis la existencia de potencialidades muy específicas en la naturaleza como condición de la evolución.

29.4. *El origen del hombre*

Los problemas de los orígenes alcanzan su punto culminante cuando se considera el origen del hombre. Es lógico que así sea, no sólo porque es el problema que más directamente nos afecta, sino también porque, si bien pertenecemos al nivel natural, poseemos también dimensiones espirituales que lo trascienden.

Consideraremos a continuación, en primer lugar, el proceso de la hominización, que se refiere al origen evolutivo del organismo humano, y en segundo lugar, analizaremos las características específicamente humanas y su relación con el proceso evolutivo[25].

a) *El proceso de hominización*

Es frecuente referirse al posible origen del organismo humano a partir de otros vivientes diciendo que "el hombre proviene del mono". Obviamente, esta afirmación, en su tenor literal, es falsa: el hombre no proviene de ninguno de los primates que existen en la actualidad, y ningún científico afirma tal cosa. Lo que afirman las teorías evolucionistas es la existencia de un remoto antepasado común del que provendrían tanto el hombre como los póngidos o simios antropoides (chimpancé, orangután y gorila).

Se discute sobre la identidad y los caracteres de ese antepasado común, y también sobre su antigüedad; podría haber existido hace unos 20 millones de años. Y también se discute cuándo se separaron las líneas respectivas; los avances en la biología molecular conducen a fechas más recientes de cuanto se pensaba anteriormente. Tampoco existe unanimidad acerca de la separación de las diferentes ramas: existen varias hipótesis que son objeto de debate científico, aunque por lo general suele admitirse que el chimpancé es el antropoide más próximo al hombre.

En cuanto a la filogenia de los homínidos, que conduce hasta el hombre actual, suele darse como válida la secuencia: «Australopithecus» (desde hace 4 millones de años), «Homo habilis» (desde hace 2,5 millones de años hasta hace 1 millón), «Homo erectus» (desde hace 1,6 millones de años hasta hace 200.000 años), «Homo sapiens» (desde hace 130.000 años). El hombre actual existiría desde hace unos 30.000 años.

Sin embargo, por lo que se refiere a los detalles concretos, también en este ámbito existen dificultades y diferencias de opinión entre los científicos[26]. En definiti-

25. Se encuentra un buen resumen de los datos científicos acerca de la hominización, junto con interesantes reflexiones acerca de los aspectos filosóficos y teológicos, que incluyen una propuesta original del autor, en: R. JORDANA, "El origen del hombre. Estado actual de la investigación paleoantropológica", *Scripta Theologica*, 20 (1988), pp. 65-99.

26. Puede verse al respecto, por ejemplo: S. L. WASHBURN, "La evolución de la especie humana", en la obra colectiva *Evolución*, Labor, Barcelona 1982, pp. 128-137; D. PILBEAM, "Origen de los hominoideos y homínidos", *Investigación y ciencia* , n.º 92, mayo 1984, pp. 48-58. Aunque cada vez se dis-

va, las dificultades para reconstruir el origen del hombre siguen siendo grandes, lo cual no impide la existencia de un consenso científico generalizado sobre la existencia del proceso en su conjunto. Entre los científicos se encuentra una unanimidad casi total acerca del *hecho*, o sea, del origen del hombre actual a partir de los antepasados mencionados, junto con importantes discrepancias acerca de las *explicaciones* concretas, o sea, cuándo y cómo se originaron las diversas ramas, y cuándo puede decirse que un fósil concreto corresponde a un ser humano en sentido pleno.

Por ejemplo, está claro que el «Australopithecus» no era un ser propiamente humano, pero las opiniones divergen cuando se trata de indicar cuál sería el primer ser verdaderamente humano: algunos sugieren que sería el «homo habilis», aunque poseyera una capacidad craneal muy inferior a la del hombre actual [27], y otros se inclinan, en cambio, por seres muy posteriores.

El estudio del ADN mitocondrial, que se hereda por vía materna, ha sido utilizado para sostener que, según la genética, una mujer africana, de hace 200.000 años, fue nuestro antepasado común; sus descendientes habrían sustituido a otros humanos primitivos que existían en otros lugares. En realidad, esos datos parecen conducir sólo a una población concreta, no a una mujer individual. Sin embargo, algunos paleontólogos no comparten esta conclusión [28].

No parece fácil que se despejen completamente las incógnitas mencionadas, aunque los futuros avances de la ciencia pueden proporcionar datos que por el momento son imprevisibles.

b) *Hombre y animal*

Las controversias en torno al evolucionismo siempre se han centrado, de modo particular, en torno a las diferencias entre el hombre y los demás animales. El punto principal de discusión es si el hombre posee una naturaleza esencialmente superior a la del resto de los animales o se trata solamente de una diferencia de grado.

pone de más datos, Pilbeam concluye: "al mismo tiempo, han aumentado las dudas sobre el grado de confianza que puede inspirar cualquier relato de la evolución humana. ¿Qué precisión y qué fiabilidad pueden alcanzar esas reconstrucciones?... La tarta, los diversos estadios primitivos de la evolución humana, se nos presenta por ahora de digestión muy dura". Estas dificultades subsisten en la actualidad: es muy difícil obtener conclusiones fiables, generalmente admitidas, sobre los detalles del proceso de la hominización.

27. Se encuentra esta opinión en: R. JORDANA, "El origen del hombre. Estado actual de la investigación paleoantropológica", cit. La capacidad craneana del «homo habilis» podría llegar a los 775 centímetros cúbicos, frente a los 1.345 del «homo sapiens»; sin embargo, se ha sugerido que poseía las bases fisiológicas necesarias para poder hablar y, por tanto, que podría poseer las principales características humanas: cfr. P. V. TOBIAS, "Recent Advances in the Evolution of the Hominids with Especial Reference to Brain and Speech", en: C. CHAGAS (editor), *Recent Advances in the Evolution of Primates*, Pontificia Academia Scientiarum, Città del Vaticano 1983, pp. 85-140.

28. Se exponen ambas posiciones en *Investigación y ciencia*, n.º 189, junio 1992: A. C. WILSON y R. L. CANN ("Origen africano reciente de los humanos", pp. 8-13) argumentan a favor; A. G. THORNE y M. H. WOLPOFF ("Evolución multirregional de los humanos", pp. 14-20) lo hacen en contra.

Esas controversias tienen una larga historia, pues se remontan a Charles Darwin. En *El origen de las especies* de 1859, Darwin no desarrolló con amplitud el tema del hombre. Lo abordó en 1871, en su obra *La descendencia del hombre y la selección sexual*, cuyos capítulos III y IV tienen como título *Comparación de las facultades mentales del hombre con las de los animales inferiores*. Desde el comienzo, Darwin enuncia su tesis básica, según la cual, desde el punto de vista de las facultades intelectuales, no existe ninguna diferencia fundamental entre el hombre y los mamíferos superiores. Después de examinar las principales características humanas, incluyendo el lenguaje, el pensamiento abstracto, el sentido moral y la religión, Darwin concluye que, por considerable que sea la diferencia entre el hombre y los animales superiores, se trata sólo de una *diferencia de grado*, y no de especie.

La discusión continúa en la actualidad. Por ejemplo, Stephen Jay Gould afirma que la diferencia entre el hombre y el animal es sólo una diferencia de grado, y añade: "estamos tan atados a nuestra herencia filosófica y religiosa que seguimos buscando algún criterio de división estricta entre nuestras capacidades y las del chimpancé... Se han puesto a prueba multitud de criterios, y, uno tras otro, han fracasado. La única alternativa honrada es admitir la existencia de una estricta continuidad cualitativa entre nosotros y los chimpancés. Y ¿qué es lo que salimos perdiendo? Tan sólo un anticuado concepto del alma para ganar una visión más humilde, incluso exaltante, de nosotros mismos y nuestra unidad con la naturaleza"[29].

Sin duda, existe una continuidad entre el hombre y los demás animales. Pero, incluso si se admite que el organismo humano proviene de otros organismos a través de la evolución, las características específicamente humanas continúan siendo reales: basta pensar en el conocimiento intelectual, la capacidad de autoreflexión, la capacidad de argumentar, el sentido de la evidencia y de la verdad, la libertad, los valores éticos.

En realidad, el problema no consiste en encontrar algún criterio capaz de mostrar que existe una diferencia básica entre el hombre y los demás animales. Es muy claro que existe esa diferencia, tal como puede mostrarse, por ejemplo, reflexionando sobre los supuestos e implicaciones de la ciencia.

En efecto, es interesante notar que la ciencia, en cuyo nombre se quiere a veces borrar la diferencia esencial entre el hombre y los demás animales, es una de las pruebas más claras de que existe tal diferencia, ya que la ciencia sólo es posible porque el hombre posee una capacidad teórica y argumentativa que no se encuentra en otros vivientes.

c) *La espiritualidad humana*

La singularidad humana corresponde a unas dimensiones que suelen denominarse *espirituales* para distinguirlas de las condiciones *materiales*. La espiri-

29. S. J. GOULD, *Desde Darwin*, Hermann Blume, Madrid 1983, p. 53.

tualidad humana significa que la persona humana posee unas características que trascienden las condiciones materiales.

Algunos parecen pensar que es preciso criticar a las teorías evolucionistas si se pretende afirmar la espiritualidad del hombre. Sin embargo, los problemas acerca del espíritu se plantean también aunque se prescinda del evolucionismo. En efecto, sabemos con certeza que el organismo de cada uno de nosotros ha comenzado su existencia siendo una célula; desde luego, una célula viva, humana, y programada para producir nuestro organismo entero: pero, al fin y al cabo, una célula. Por tanto, cuando se afirma que poseemos dimensiones espirituales, se trasciende el nivel biológico. Tanto si pensamos en cada ser humano actual, como si nos referimos al origen de los primeros seres humanos, la afirmación de la espiritualidad humana se basa en la existencia de características específicas en la persona humana, sea cual sea el origen de nuestro organismo.

Las dimensiones espirituales exigen un substrato real, que suele denominarse *alma*. Además, si se tiene en cuenta que trascienden el ámbito de lo natural, exigen una intervención especial de Dios, mediante la cual crea el alma humana espiritual. Esta afirmación en nada se opone a las leyes naturales ni al espíritu científico; simplemente se afirma que, junto con las dimensiones que pueden ser estudiadas por la ciencia experimental, existen otras (las espirituales) que, por trascender el ámbito natural, también trascienden el ámbito de las ciencias. Pero son dimensiones reales, que deben admitirse para explicar los datos de experiencia y la existencia de la ciencia.

Finalmente, puede resultar oportuna una referencia al *monogenismo*, o sea, a la doctrina según la cual todos los hombres procedemos de una única primera pareja. A veces se afirma que, si se admite la evolución, el monogenismo sería insostenible, y debería afirmarse el *poligenismo*, o sea, el origen a partir de un conjunto de seres humanos primitivos. Sin embargo, el asunto es más complejo. El poligenismo no es tan sencillo como parece a primera vista. ¿Habrían llegado a ser verdaderamente humanos diferentes seres a lo largo de toda una época? Desde luego, no poseemos ninguna prueba científica de ello. En el ámbito estrictamente científico, es difícil llegar en este terreno a conclusiones definitivas. Pero es interesante advertir que, desde el punto de vista de la ciencia, no hay ninguna razón que fuerce a admitir que el origen del organismo humano por evolución implicaría el poligenismo, y no existe ninguna dificultad de principio para explicar el origen de la humanidad actual a partir de una única primera pareja.

29.5. *Las fronteras del evolucionismo*

Las fronteras de la ciencia experimental se encuentran en los límites del control experimental. Las realidades y dimensiones espirituales, por principio, no pueden ser sometidas a control experimental. Esto no significa que no pueda pro-

barse su realidad, sino que las pruebas que se requieren son de carácter metafísico: se apoyan en los datos de experiencia, pero utilizan el razonamiento para establecer las condiciones de posibilidad de lo que conocemos mediante la experiencia.

Si aplicamos esta idea a las teorías evolucionistas, se pueden señalar *tres problemas* básicos que se encuentran *más allá de sus fronteras*.

El primero es la *creación* del universo. En sentido estricto, la creación se refiere a la producción de un universo que antes no existía en absoluto. Esta cuestión cae totalmente fuera del alcance de la ciencia. ¿Cómo podría controlarse mediante experimentos u observaciones? Haría falta observar la nada, o la creación misma: pero ambas cosas son imposibles. Por tanto, el problema de la creación pertenece al ámbito de la metafísica. Puede probarse que ha debido darse la creación; pero los razonamientos que lo apoyan se encuentran más allá de las posibilidades de la ciencia experimental.

El segundo es el problema del *alma humana*. Sólo puede someterse a control experimental lo que es material y, por tanto, sigue las leyes de la materia. Los experimentos siempre incluyen la observación a través de nuestros sentidos y de instrumentos. Pero el espíritu no se ve, ni puede someterse a experimentos científicos. El espíritu es interioridad, personalidad, auto-conciencia, amor, libertad. Todos sabemos bien qué significa todo esto. El espíritu es lo que conocemos mejor; ha sido objeto de estudios profundos desde la antigüedad, mientras que ha costado miles de años comenzar a conocer con cierto detalle la materia. El espíritu es completamente real, y todos tenemos experiencias continuas de nuestras dimensiones espirituales. Pero no se lo puede observar sometiéndolo al control experimental propio de las ciencias. Por tanto, se traspasa ilegítimamente las fronteras de las teorías de la evolución si se las extiende hasta el ámbito del espíritu, sea para afirmarlo o para negarlo.

El tercero es el problema de *la acción de Dios en el mundo*. Las ciencias formulan leyes acerca del mundo, pero la existencia del mundo y de sus leyes no depende de nuestra ciencia. La naturaleza tiene un dinamismo propio. Podemos intervenir para provocar transformaciones, pero siempre de acuerdo con las leyes naturales. La ciencia se apoya en ese dinamismo y en esas leyes; si no existieran, tampoco existiría la ciencia. Y el método de la ciencia experimental no le permite descifrar cuál es la clave de la existencia de la naturaleza, de su dinamismo y de sus leyes. La reflexión metafísica permite afirmar que esa clave se encuentra en la acción de Dios, que da el ser y conserva en el ser a todo lo que existe, le da sus leyes propias, y hace posible el funcionamiento de la naturaleza. No tiene sentido negar esa acción divina en nombre de la ciencia. Se trata de una cuestión que sobrepasa sus fronteras.

Otros problemas fronterizos son los que se refieren a la *finalidad* y al *azar*. En este caso, las ciencias pueden decir su palabra, pero se trata de problemas que

sólo pueden ser tratados con rigor desde una perspectiva filosófica. Por ejemplo, los partidarios del denominado *principio antrópico* subrayan que la existencia del hombre es posible porque las leyes básicas de la física, y las sucesivas estructuras en los niveles físico, químico y biológico, son muy específicas; sin duda, estas consideraciones resultan útiles para examinar la finalidad natural, pero han de ser completadas con reflexiones que permitan abordar el problema de la finalidad en su nivel propio, que es filosófico.

Afirmar que las ciencias tienen fronteras no significa minusvalorarlas. El progreso de las ciencias depende, en gran parte, de la deliberada elección de un método particular que se limita a estudiar las dimensiones de lo natural que pueden relacionarse con el control experimental.

Por otra parte, la perspectiva metafísica permite comprender en toda su profundidad el significado de la naturaleza en la vida humana, cosa que no es posible si se adopta un reduccionismo naturalista. La aparente exaltación de la ciencia y de la naturaleza por parte del cientificismo y del naturalismo conduce, si se desarrolla de modo consecuente, a una visión empobrecida en la cual se pierde el significado auténtico de la vida humana, que queda reducida a un accidente dentro de un proceso evolutivo carente de finalidad. En cambio, la perspectiva metafísica fundamenta una visión de la naturaleza que se encuadra dentro de las dimensiones antropológicas y éticas de la existencia humana.

Capítulo XI

Origen y sentido de la naturaleza

Examinaremos ahora los problemas que se refieren al origen y al sentido de la naturaleza, teniendo en cuenta los conocimientos proporcionados actualmente por las ciencias. A modo de conclusión, consideraremos la relación que existe, por una parte, entre la naturaleza y la persona humana, y por otra, entre la naturaleza y Dios.

30. El origen del universo

Desde la antigüedad existieron cosmogonías que pretendían representar la historia del universo, pero carecían de una base científica adecuada. Al mismo tiempo, se planteaba el problema filosófico acerca de la explicación última del universo[1].

En la Edad Moderna se formularon algunas hipótesis científicas que se consideran como precursoras de las ideas actuales. Kant propuso que el universo se había formado a partir de una nebulosa primitiva[2]. Esa hipótesis fue utilizada más tarde por Laplace, quien sugirió que el Sol se formó por contracción y enfriamiento de una nebulosa incandescente, que los planetas se habrían originado a partir de fragmentos desprendidos del Sol, y que los satélites provendrían de los planetas[3]. Tales explicaciones dejaban intacto el problema de la creación del universo, y se

1. Se encuentra un amplio estudio sobre este tema, que incluye su historia, los datos científicos y las oportunas reflexiones filosóficas, en: Juan José Sanguineti, *El origen del universo. La cosmología en busca de la filosofía*, Educa, Buenos Aires 1994.

2. En su *Historia general de la naturaleza y teoría del cielo, o sea el estudio de la constitución y del origen mecánico del universo, conforme a principios newtonianos*, obra publicada de modo anónimo en 1755.

3. En su obra *Exposición del sistema del mundo*, publicada en 1796.

referían únicamente a procesos físicos que no sustituían a la creación[4]. Por otra parte, todavía se disponía de un conocimiento muy limitado sobre la composición del universo y era muy difícil someter esas teorías a pruebas empíricas.

Por primera vez en la historia, en nuestra época se formulan teorías científicamente rigurosas acerca del origen y evolución del universo. Estas teorías han renovado el interés por los problemas filosóficos acerca de la creación.

30.1. *La cosmología científica*

La cosmología científica, rama de la física que estudia el origen del universo, es relativamente reciente. Las pruebas de la existencia de galaxias distintas a la nuestra sólo llegaron a ser concluyentes en torno a 1920, y el modelo de la Gran Explosión no fue generalmente aceptado hasta 1964.

El modelo de la Gran Explosión se basa en la teoría de la relatividad general, formulada por Einstein en 1915. Las ecuaciones de esa teoría permiten calcular el movimiento local de la materia bajo la acción de la gravedad, y por ese motivo resultan apropiadas para describir el universo a gran escala, ya que bajo esa perspectiva el universo es un sistema físico compuesto por objetos dotados de gran masa, las estrellas y galaxias, que se encuentran separados por grandes distancias, y la evolución de los sistemas viene determinada por la fuerza de la gravedad.

Einstein aplicó su teoría al universo en su conjunto en 1917. El modelo que resultaba era un universo dinámico (que evoluciona con el tiempo), pero Einstein, disgustado con esa idea, lo modificó introduciendo, de modo arbitrario, una constante cuya consecuencia era proporcionar un modelo estático del universo (más tarde afirmó que ése había sido el peor error de su vida). Los trabajos de Willem de Sitter en 1916-1917 y de Alfred Friedmann en 1922-1924 suponían, por el contrario, un universo dinámico, idea que se impuso cuando Edwin Hubble formuló en 1929 la ley que lleva su nombre, según la cual las galaxias se alejan unas de otras con una velocidad proporcional a su distancia relativa (cuanto mayor es su distancia, tanto mayor es la velocidad a la que se alejan)[5].

La primera versión del modelo de la Gran Explosión fue formulada por Georges Lemaître, astrónomo y sacerdote católico belga, en 1927; suponía que el universo se había formado a partir de la explosión de una especie de átomo primitivo, y coincidía con la ley de Hubble en postular la *expansión del universo*. George Gamow reformuló la teoría en 1948. Sin embargo, el modelo de la Gran Explosión no fue aceptado por la mayoría de los científicos de modo inmediato.

4. Por ejemplo, Kant admitió, en la obra mencionada, que en el universo se da una finalidad que implica la existencia del Creador.

5. La ley de Hubble se apoya en la interpretación del corrimiento hacia el rojo de los espectros de las galaxias como resultado del efecto Doppler.

También en 1948, Hermann Bondi y Thomas Gold formularon un modelo diferente acerca del universo, la teoría del *estado estacionario*; postulaban que el universo presenta el mismo aspecto en cualquier época, y para explicar su expansión, sugerían la creación continua de materia de modo que, cuando las galaxias se separan, se forma materia nueva entre ellas: para mantener constante la densidad, bastaba la creación de un miligramo de materia por metro cúbico cada billón de años. Durante años, los modelos de la Gran Explosión y del estado estacionario se presentaban como hipótesis alternativas. Hacia 1960, el origen del universo era todavía una cuestión de la que se ocupaban pocos científicos, y los modelos existentes se estudiaban casi como una curiosidad.

La situación cambió radicalmente cuando, en 1964, Arno Penzias y Robert Wilson descubrieron la *radiación de fondo de microondas*, cuyas características eran congruentes con las predicciones del modelo de la Gran Explosión. Desde entonces, ese modelo ha sido generalmente aceptado por los científicos, y el modelo del estado estacionario fue prácticamente abandonado. El afianzamiento progresivo del modelo de la Gran Explosión se debe también a la comprobación de otras predicciones que resultan de ese modelo: en concreto, proporciona una explicación coherente con la expansión del universo, propone una edad del universo que está de acuerdo con los datos acerca de la edad de sus componentes, y sus predicciones sobre la abundancia relativa de los átomos ligeros en el universo está en consonancia con los datos observados.

Desde 1981, el modelo de la Gran Explosión se ha completado con la teoría del *universo inflacionario* propuesta por Alan Guth, que se refiere a la enorme expansión que habría tenido lugar, durante brevísimos instantes, inmediatamente después de la Gran Explosión, produciendo efectos muy importantes con respecto a la posterior evolución del universo.

Según el modelo de la Gran Explosión, la evolución del universo habría seguido un esquema que, de modo simplificado y aproximativo, sería el siguiente. El universo tiene una edad de unos 15.000 millones de años. Al principio la materia se encontraba concentrada en un estado de enorme densidad y temperatura. Como consecuencia de la explosión, se produjo una *expansión* que fue acompañada de un enfriamiento progresivo. En el primer segundo la temperatura era de unos 10.000 millones de grados; sólo había entonces radiación y algunos tipos de partículas entre las que se darían interacciones muy violentas. Al cabo de unos tres minutos, el descenso de la temperatura permitió la *nucleosíntesis* o formación de los núcleos de los elementos más ligeros. Transcurridos unos 300.000 años, cuando la temperatura había descendido a unos pocos miles de grados, se produjo la *recombinación* o formación de átomos; entonces, la radiación de fotones se separó de la materia y se expansionó libremente, de igual modo en todas las direcciones y con una temperatura que descendió con el transcurso del tiempo, dando lugar a la radiación isótropa «fósil» que detectaron por vez primera Penzias y Wilson. Más tarde, la fuerza gravitatoria provocó la condensación de grandes ma-

sas, donde se produjeron reacciones termonucleares; así se formaron las estrellas y galaxias. En las reacciones nucleares en el interior de las estrellas se producen los átomos más pesados, que se diseminan por el espacio en las explosiones de estrellas y son el material a partir del cual se forman planetas como la Tierra.

30.2. *La creación: física y metafísica*

Los nuevos conocimientos científicos no sólo han contribuido a formular una nueva imagen del mundo; también han provocado un replanteamiento del problema de la creación.

a) *La creación como problema metafísico*

Con el modelo de la Gran Explosión, por primera vez en la historia se dispone de cálculos verosímiles acerca de la edad del universo. Se entiende que ello suscitara nuevas discusiones sobre el problema de la creación; en efecto, si se puede adjudicar una edad concreta al universo, parecería alcanzarse una demostración científica de la creación. De hecho, el modelo del estado estacionario fue utilizado, en ocasiones, para evitar la atribución al universo de una edad limitada, con las connotaciones que esto parece tener en favor de la creación.

Sin embargo, *la física no puede determinar la edad del universo de modo absoluto*. Aunque afirme, por ejemplo, que el universo proviene de una especie de átomo primitivo, puede preguntarse ulteriormente por el origen de ese átomo y puede suponer que se formó a partir de estados físicos anteriores. En su propio nivel, el físico siempre puede postular, aunque sea a título de hipótesis, la existencia de estados físicos anteriores a cualquier estado del universo. Por tanto, *la cosmología científica no puede demostrar la creación del universo*.

El problema de la *creación* no se refiere al origen de un estado físico a partir de otro, sino al fundamento radical del universo, o sea, a la producción de su *ser*. La ciencia experimental estudia las transiciones entre estados físicos, y su perspectiva no le permite estudiar el fundamento radical del universo. Por tanto, la física no puede decir nada acerca de Dios ni de la creación, y resulta inviable abordar esos problemas utilizando sólo argumentos científicos. En definitiva, *la creación no es un problema físico, sino metafísico*. El problema filosófico de la creación consiste en determinar si el universo puede ser autosuficiente o si, por el contrario, es necesario afirmar que ha sido producido por una causa que le ha dado el ser.

El cristianismo afirma la creación divina del universo *de la nada* (según la clásica expresión latina, *ex nihilo*)[6]. Esto significa que la creación divina produce

6. Cfr. *Catecismo de la Iglesia católica*, Asociación de Editores del Catecismo, Madrid 1992, nn. 279-301.

totalmente el ser, sin apoyarse en algo preexistente: no es una simple transformación de algo que ya existía[7].

Resulta lógico preguntarse si la creación del universo es sólo un contenido de la fe religiosa o si, además, puede ser probada racionalmente. La doctrina católica afirma que la existencia de Dios creador, principio y fin de todas las cosas, puede ser conocida con certeza mediante la luz de la razón natural a partir de las cosas creadas, de tal modo que la inteligencia humana puede encontrar por sí misma una respuesta a la cuestión de los orígenes[8].

Las pruebas racionales de la creación remiten, en último término, a un dilema: o bien el universo es *auto-suficiente*, o sea, existe por sí mismo y nada hay fuera de él que explique su existencia, o bien remite a una causa que es diferente del universo, que lo ha producido y le ha dado el ser. La primera posibilidad es, en realidad, imposible; en efecto, *si el universo fuese auto-suficiente, debería poseer características divinas que no posee*. Los seres materiales son limitados, cambian, se generan y se corrompen: tienen un ser que no da razón completa de sí mismo. Estas dificultades no se solucionan recurriendo a una cadena infinita, o sea, suponiendo que el universo ha existido siempre; en efecto, la insuficiencia de lo material para dar razón de sí mismo subsiste aunque se multipliquen las cadenas causales indefinidamente: no se trata de un problema de número, sino de cualidad. El modo de ser de los seres materiales implica que estos seres no pueden ser auto-suficientes, y a estos efectos es igual que se considere un solo ser, o muchos, o una serie indefinida.

Por tanto, *el universo físico remite a una causa superior que le ha dado el ser*. Sólo un Dios personal puede poseer las características propias de la divinidad. Los seres particulares, limitados, cambiantes, remiten a un Ser que posee el ser por sí mismo y que, por este motivo, puede dar el ser a otros seres, de modo limitado y particular: es lo que se denomina la «participación del ser». No significa que las criaturas tengan una parte del ser divino, sino que poseen de modo parcial y limitado el ser, recibido de Dios.

Para afirmar la creación divina del universo, poco importa cuándo y cómo haya comenzado a existir. En cuanto al *cuándo*, el universo debe ser creado, independientemente de su duración: los razonamientos que conducen a la creación nada tienen que ver con el problema de la duración. En cuanto al *cómo*, también es irrelevante; debe afirmarse la creación tanto si el universo fue en sus comienzos una burbuja cuántica casi imperceptible, como si ya entonces hubiesen existido entidades y procesos mucho más organizados. De todos modos, ambas cues-

7. Cfr. G. COTTIER, "La doctrine de la création et le concept de néant", *Acta Philosophica*, 1 (1992), pp. 6-16.

8. Cfr. H. DENZINGER - A. SCHÖNMETZER, *Enchiridion symbolorum, definitionum et declarationum de rebus fidei et morum*, 36.ª ed., Herder, Barcelona-Freiburg-Roma 1976, nn. 3004 y 3026; *Catecismo de la Iglesia católica*, cit., n. 286.

tiones han dado lugar a amplias discusiones, y por este motivo se analizan con más detenimiento a continuación.

b) *Comienzo temporal y creación*

No parece posible demostrar que el universo tiene una edad limitada, porque siempre se puede suponer, aunque sea de modo hipotético, la existencia de estados anteriores a cualquier estado concreto del universo. Esto fue subrayado por Kant en la primera antinomia cosmológica de su *Crítica de la razón pura*, que versa sobre la indemostrabilidad científica de la finitud o infinitud temporales del universo. Varios siglos antes, Tomás de Aquino ya había afrontado el problema de modo radical cuando, en su opúsculo *Acerca de la eternidad del mundo*, afirmó que, si nos atenemos sólo a los argumentos racionales, no podría excluirse que el universo hubiera tenido una duración indefinida, y que sólo conocemos que no fue así por la revelación sobrenatural[9].

Tomás de Aquino se preguntó si es posible que un ser creado haya existido siempre; examinó los argumentos contrarios y, después de refutarlos, concluyó que sólo conocemos el origen temporal del universo por medio de la revelación. En definitiva, subrayó que el problema de la *creación* del universo no se identifica con el de su *origen temporal*, de tal modo que se puede conocer racionalmente que el universo ha debido ser creado por Dios, aunque no se pueda probar por la sola razón que haya tenido un comienzo en el tiempo: el cristiano conoce el origen temporal del universo sólo por la revelación divina[10]. En cualquier caso, *duración indefinida* no equivale a *eternidad* en sentido estricto; la eternidad consiste en la posesión perfecta del ser, por encima del tiempo y de la duración, y sólo se da en Dios, mientras que la duración de los seres naturales se refiere a la existencia sucesiva propia de un modo de ser temporal y cambiante[11].

Desde luego, si se pudiese probar que el universo ha tenido un comienzo absoluto antes del cual no existía, debería afirmarse que el universo ha sido creado; pero no parece posible tal prueba. Sin embargo, independientemente del problema del comienzo temporal, el universo no es auto-suficiente, y esto basta para establecer que ha debido ser creado por Dios.

Ninguna de las pruebas que Tomás de Aquino propuso para demostrar la existencia de un Dios creador supone que el mundo haya tenido un comienzo. Sin embargo, en las discusiones acerca de la creación, con frecuencia se encuentran

9. Cfr. J. I. SARANYANA, "Santo Tomás: «De aeternitate mundi contra murmurantes»", *Anuario Filosófico*, 9 (1976), pp. 399-424.

10. En este contexto, Tomás de Aquino añadió que si el cristiano afirma el origen temporal del universo mediante argumentos racionales, podría dar ocasión de burla al no creyente que conoce la ilegitimidad de tales argumentos: cfr. Tomás DE AQUINO, *Suma Teológica*, I, q. 46, a. 2, c.

11. Además del opúsculo citado, puede verse: Tomás DE AQUINO, *Suma Teológica*, I, q. 44, a. 1; I, q. 45, aa. 1 y 2; I, q. 46, aa. 1 y 2; *Suma contra los gentiles*, II, c. 38.

asociadas ambas ideas. Ese modo de razonar fácilmente conduce a equívocos. Por este motivo es importante subrayar que *no puede identificarse el problema del origen temporal del mundo con el de su creación*: el problema de la creación del universo se refiere al fundamento radical de su ser, y puede resolverse sin tener el cuenta el problema de su duración.

c) *El inicio del universo*

Según el modelo de la Gran Explosión, el universo existía hace 15.000 millones de años en un estado primitivo cuyo estudio parece remitir a una *singularidad* en la cual no se aplicarían las leyes ordinarias de la física. Se han propuesto diferentes hipótesis para abordar el estudio de ese estado inicial. Se trata de un problema difícil y, por el momento, ni siquiera es seguro que los modos actuales de abordarlo sean correctos.

De acuerdo con una hipótesis que goza de cierta aceptación, el universo habría comenzado a existir como una especie de «burbuja cuántica»; dicho de modo más técnico, como una «fluctuación del vacío cuántico». De modo esquemático, lo que esa propuesta afirma es que las fluctuaciones cuánticas del campo gravitatorio habrían producido estructuras espacio-temporales, a partir de las cuales se producirían partículas materiales mediante las fluctuaciones del vacío cuántico; por fin, el resto del universo se produciría a partir de esas partículas, de acuerdo con las leyes físicas [12].

Esa hipótesis se encuentra en una fase muy especulativa. Remite a la «gravedad cuántica», teoría que pretende unificar la física cuántica y la gravedad, acerca de la cual existen serios problemas y no pocas discrepancias [13]. Sin embargo, es posible que el universo haya comenzado a existir en un estado muy tenue, casi imperceptible, tal como propone esa hipótesis.

En cambio, no tiene sentido utilizar esa hipótesis para afirmar una presunta *auto-creación* del universo, o sea, una auténtica creación, pero sin Creador [14]. ¿Qué sentido puede tener tan extraña posibilidad, que parece contradictoria y realmente lo es? Algunas reflexiones acerca de los conceptos físicos permitirán advertir los equívocos implicados en esa propuesta.

En primer lugar, es importante advertir que en física se suele hablar acerca de la *creación de materia* en un sentido impropio, y que este hecho puede inducir

12. Cfr. D. ANDRESCIANI, “Lo studio dell’origine dell’universo nel contesto della cosmologia quantistica”, en: *Excerpta e dissertationibus in Philosophia*, vol. III, Facultad Eclesiástica de Filosofía, Universidad de Navarra, Pamplona 1993, pp. 9-88.

13. Cfr. C. J. ISHAM, “Quantum Theories of the Creation of the Universe”, en: R. J. RUSSELL - N. MURPHY - C. J. ISHAM (editores), *Quantum Cosmology and the Laws of Nature*, Vatican Observatory Publications, Vatican City State 1993, pp. 49- 89.

14. Pueden verse propuestas de ese tipo, por ejemplo, en: Paul DAVIES, *God and the New Physics*, Dent, London 1983; Quentin SMITH, “The Uncaused Beginning of the Universe”, *Philosophy of Science*, 55 (1988), pp. 39-57; Peter W. ATKINS, *Cómo crear el mundo*, Grijalbo Mondadori, Barcelona 1995.

a confusión. En efecto, una de las consecuencias de la teoría especial de la relatividad, formulada por Einstein en 1905, es la ecuación que establece la *equivalencia entre masa y energía*; cuando ocurren ciertos fenómenos a los que se aplica esa ecuación, suele hablarse de *creación de partículas* a partir de la energía o, en el proceso inverso, de *aniquilación de un par de partículas* y producción de energía. Pero se trata en realidad de *procesos físicos* en los que se dan transformaciones análogas a las de cualquier otro proceso físico, y no tiene sentido tomar aquí el término *creación* en su sentido filosófico o teológico, esto es, como *creación a partir de la nada*.

Por otra parte, el concepto físico de *vacío* (que, en apariencia, se encuentra próximo al concepto de la *nada*), se refiere a estados físicos concretos. De hecho, los físicos distinguen distintos tipos de vacío, según las teorías y métodos empleados; se habla, por ejemplo, del *vacío clásico* y del *vacío cuántico*. Por tanto, no puede identificarse el *vacío* con la *nada*[15].

El *vacío cuántico* es un estado físico que posee una estructura compleja. Su estudio corresponde a la física cuántica, ámbito en el que existen interpretaciones discrepantes, sobre todo acerca de la *causalidad*. A veces se afirma que en el mundo cuántico existen *sucesos sin causa*; pero se trata de una confusión que sólo surge si se identifican *determinismo* y *causalidad*: una vez deshecho el equívoco, es fácil reconocer que todo proceso, también en el nivel cuántico, exige la existencia de causas que expliquen su producción, aunque quizás se trate de una causalidad no determinista.

La relatividad general, que es la base de los modelos cosmológicos, interpreta la fuerza de la gravedad como una *curvatura del espacio-tiempo*; por ese motivo supone, en cierto modo, una *geometrización de la física*. En el ámbito de la gravedad cuántica, que pretende unificar la relatividad general y la física cuántica, se habla de *fluctuaciones topológicas* que explicarían la *aparición de estructuras espacio-temporales*. De modo un tanto confuso, se dice a veces que podrían darse fluctuaciones cuánticas mediante las cuales aparecieran, de modo incausado, estructuras espacio-temporales, a partir de las cuales posteriormente se producirían partículas materiales. Pero, sin negar el interés científico de las transiciones topológicas, no es difícil advertir que la existencia de espacio-tiempo sin materia y la aparición de materia a partir de puro espacio-tiempo, si estos conceptos se utilizan en su sentido habitual, no tienen sentido.

Si se reúnen los equívocos mencionados, se llega a afirmar la posible autocreación del universo; pero esa propuesta se basa en extrapolaciones ilegítimas[16]:

15. Philip YAN, "Aprovechamiento energético del punto cero", *Investigación y ciencia*, n.º 257, febrero 1998, pp. 42-45. En la p. 42 se lee: "la energía del vacío es bien real. Según la física moderna el vacío no es la nada".

16. Se encuentran análisis críticos de esa propuesta en: William L. CRAIG, "God, Creation and Mr Davies", *The British Journal for the Philosophy of Science*, 37 (1986), pp. 163-175; Mariano ARTIGAS, "Física y creación: el origen del universo", *Scripta Theologica*, 19 (1987), pp. 347-373, y "Explicación

se pretende extraer de la física algo que esta ciencia, por su propio método, es incapaz de suministrar, puesto que sus ideas sólo pueden tener significación empírica si existe algún procedimiento para relacionarlas con experimentos reales o posibles, y esto no sucede cuando se considera el problema del origen absoluto del universo a partir de la nada. El método seguido para obtener esas imposibles conclusiones consiste en *atribuir a las teorías físicas sobre el espacio, el tiempo, la materia, la energía y el vacío un sentido metafísico que no poseen*, ya que tales ideas se definen en la física de acuerdo con teorías matemáticas y datos experimentales, por lo cual necesariamente se refieren a entidades o propiedades o procesos físicos, y de ningún modo pueden aplicarse a un evento como la creación a partir de la nada que, por su propia naturaleza, no es un proceso que relaciona un estado físico con otro estado también físico[17].

Las propuestas que presentan la autocreación del universo como una posibilidad científica son solamente una de las manifestaciones actuales de la fe pseudo-científica del naturalismo. Totalmente diferente es el problema propiamente científico. En ese ámbito, compete a la ciencia decidir si la lejana historia del universo remite a un fenómeno cuántico casi imperceptible o a otros estados diferentes. Por el momento, no es fácil proporcionar argumentos sólidos al respecto.

30.3. *Implicaciones de la creación*

Aludiremos ahora a algunas implicaciones de la creación, que ayudarán a situar su verdadero sentido, su relación con las teorías científicas, y sus consecuencias para conseguir una comprensión completa de la naturaleza.

La creación es necesaria para fundamentar el ser de lo creado; no se refiere a algún aspecto particular de las cosas creadas, sino a la totalidad de lo que son. El ser de lo creado depende radicalmente de Dios, no sólo para comenzar a existir, sino totalmente: por consiguiente, la acción divina es necesaria como fundamento del ser creado, también cuando ese ser ya ha llegado a existir. *La acción divina fundante se extiende a todo lo que existe en cualquiera de sus aspectos*; por tanto, también a la actividad de lo que ya existe y a los nuevos seres que se producen mediante los procesos naturales. Por consiguiente, la creación del universo no puede consistir en un simple «poner en marcha» algo que luego se basta a sí mismo.

física y autocreación del universo", en: AA. VV., *El hombre: inmanencia y trascendencia*, Servicio de Publicaciones de la Universidad de Navarra, Pamplona 1991, pp. 109-129; William E. CARROLL, "Big Bang Cosmology, Quantum Tunnelling from Nothing, and Creation", *Laval Théologique et Philosophique*, 44 (1988), pp. 59-75.

17. No es infrecuente, sin embargo, que buenas exposiciones científicas de estos temas se entremezclen con reflexiones filosóficas que dan la impresión de llevar a la física más allá de sus posibilidades, tal como sucede, por ejemplo, en: Jonathan J. HALLIWELL, "Cosmología cuántica y creación del universo", *Investigación y ciencia*, n.º 185, febrero 1992, pp. 12-20.

La creación no es necesaria solamente para explicar que algo haya comenzado a ser. La acción divina se extiende a todo lo que es, se produce, se conserva, se origina. El ser limitado de lo creado remite al Ser que tiene el ser por sí mismo, y que, por tanto, puede dar el ser a las criaturas sin perder nada de lo que es. Y si se tiene en cuenta que el Dios creador ha de ser infinitamente sabio, poderoso y bueno (porque posee la plenitud del ser), se comprende que *el universo creado debe responder a un proyecto divino*: debe ser racional y debe ser gobernado por Dios.

La acción divina no resulta necesaria sólo para explicar algunos aspectos de la naturaleza que no se explicarían de otro modo; es una exigencia de la existencia misma de la actividad natural en *todos sus aspectos*. La creación divina no responde a la falsa imagen de Dios que se ha denominado el «dios de los agujeros» (*god of the gaps*), o sea, no es un recurso para «tapar los agujeros» de nuestra ignorancia; es una exigencia rigurosa a la que se llega cuando se pretende explicar racionalmente la existencia de lo natural.

Además, *la acción divina no interfiere con lo natural en su propio nivel: lo fundamenta*. No se trata de una causa que se sitúa en la línea de las causas naturales, por muy excelente que fuese; por el contrario, hace posible que existan todas las causas naturales y sus efectos. La afirmación de la acción divina fundante no quita importancia a lo natural ni lo sustituye; precisamente es esa acción divina la que da el ser a todo lo natural, con su dinamismo propio y sus virtualidades.

Es fácil advertir que *la creación divina implica una perspectiva muy específica acerca de lo natural* y que, según se admita o se niegue esa creación, se llegará a ideas completamente diferentes acerca del ser y del significado de lo natural.

Por ejemplo, *la creación divina permite comprender no sólo la existencia del universo, sino su carácter racional*; concretamente, la existencia de una información en la que se entrelazan el dinamismo y la estructuración de tal manera que los sucesivos despliegues del dinamismo producen sistemas cada vez más organizados y, en último término, el sistema total de la naturaleza con todos sus niveles que culminan en el organismo humano. Si no se admite la creación divina, deberá afirmarse que la organización del sistema de la naturaleza es el resultado accidental de fuerzas ciegas, lo cual es completamente inverosímil; aunque existan fuerzas que de algún modo pueden calificarse como ciegas, y aunque se admita que las coincidencias accidentales desempeñan una parte importante en el desarrollo de los procesos naturales, afirmar que esos factores son las últimas claves explicativas equivale a negar que exista una explicación racional coherente para una naturaleza que está penetrada en todas sus dimensiones por la racionalidad[18].

18. Por ejemplo, Edgar Morin afirma que la organización de la naturaleza habría surgido de un *caos*, concebido a la manera del fuego de Heráclito: un "caos original de donde surge el logos": E. MORIN, *El Método*. I. *La naturaleza de la Naturaleza*, Ediciones Cátedra, Madrid 1981, pp. 76-78. Morin parece identificar el estado primitivo del universo y, en general, el mundo microfísico, con un caos en sentido estricto. Sin embargo, esa identificación es muy problemática, porque el mundo microfísico, también en un estado primitivo, debe poseer las virtualidades cuya actualización ha provocado la formación

31. LA FINALIDAD EN LA NATURALEZA

La finalidad natural ocupa un lugar central en la reflexión acerca de la naturaleza. Desde la antigüedad hasta nuestros días, las principales diferencias de opinión en la filosofía de la naturaleza se refieren, en buena parte, a este problema. Los «finalistas» afirman que en la naturaleza existe una direccionalidad que se debe interpretar como finalidad; esta posición corresponde a la actitud natural del hombre ante la naturaleza, y empalma fácilmente con la afirmación de una providencia divina que gobierna el curso de los fenómenos naturales. En cambio, los «anti-finalistas» niegan que exista finalidad en la naturaleza o, al menos, que podamos conocerla, y suelen rechazar la existencia de la providencia divina; sus argumentos pretenden apoyarse, con frecuencia, en el progreso de las ciencias.

Vamos a delimitar, en primer lugar, qué se entiende por «finalidad natural». Después analizaremos las dimensiones finalistas que existen en la naturaleza. A continuación intentamos mostrar que existe finalidad en la naturaleza, determinando su alcance, y examinaremos las implicaciones de la cosmovisión actual con respecto al problema de la finalidad natural.

31.1. *El concepto de finalidad*

La noción de «fin» tiene tres sentidos principales: «término de un proceso», «meta de una tendencia», y «objetivo de un plan».

En primer lugar, el fin designa *el «término» de algo*. Si se trata de entidades, el fin se refiere a sus límites (el final de un libro o de un camino, por ejemplo). Si se trata de procesos que se desarrollan en el tiempo, el fin designa la última fase con la cual terminan o finalizan (el final de la lectura de un libro o del recorrido de un camino, por ejemplo). Estos dos fines son aspectos de una misma realidad, considerada en su aspecto estático o dinámico: el final de un proceso es una entidad o, en general, un estado de cosas al que se llega a través del proceso. Aquí nos interesa subrayar el dinamismo y la actividad; en este sentido, la finalidad significa «término de un proceso».

En segundo lugar, el fin es *la «meta» hacia la cual «tiende» una acción o un proceso*. Este sentido se añade al primero: no todo término es una meta, pero toda meta es el término de una tendencia. El concepto de finalidad se encuentra estrechamente relacionado con el de «tendencia», que sirve como criterio para reconocer la existencia de la finalidad. En este sentido, la finalidad significa «meta de una tendencia».

de estructuras más organizadas. La física supone que siempre existen leyes y, de hecho, consigue formularlas, y ante la reflexión filosófica resulta inverosímil que la organización actual de la naturaleza provenga de un caos propiamente dicho, carente de cualquier tipo de estructura y leyes.

En tercer lugar, cuando el término se alcanza mediante una acción voluntaria, el fin es la meta de un proyecto deliberado, *el «objetivo» que se busca mediante la acción*. Este tercer sentido supone los dos primeros, y les añade la intención del sujeto. Los vivientes irracionales son capaces de actuar de este modo, siguiendo sus inclinaciones naturales. En el caso de los sujetos inteligentes y libres, capaces de proponerse objetivos, este sentido de la finalidad se identifica con el «objetivo de un plan».

Nuestras consideraciones se centrarán en la finalidad del segundo tipo, tal como existe en la actividad de los seres naturales que no está provocada por el conocimiento, bien sea porque se trate de seres que no poseen ningún tipo de conocimiento, o porque se trate de procesos que, si bien existen en seres capaces de conocer, se realizan de modo automático sin que intervenga el conocimiento. Distinguiremos, por tanto, la finalidad «subjetiva», provocada por un conocimiento del fin, y la «objetiva», independiente de ese conocimiento. Nuestras reflexiones se limitarán a las acciones y procesos que no son el resultado de un plan deliberado por parte del agente: por tanto, a *la finalidad objetiva de tipo tendencial*. Dejamos fuera de nuestra consideración las acciones que dependen de un conocimiento previo, e incluso las acciones instintivas de los animales. Adoptamos este planteamiento por dos motivos: en primer lugar, porque el análisis de esas acciones exigiría adentrarse en el terreno de la psicología animal, y nos llevaría demasiado lejos de nuestro propósito; además, porque deseamos plantear el problema de la finalidad natural en el terreno más próximo a la comprobación empírica.

La finalidad se opone al azar. Decimos que algo sucede por azar cuando es el resultado de coincidencias accidentales, no previstas, que no responden a una causa determinada. En cambio, la finalidad implica que existen tendencias que explican los efectos; el efecto se debe directamente a causas propias, no a la coincidencia accidental de esas causas.

31.2. *Dimensiones finalistas de la naturaleza*

Existen tres dimensiones que resumen las principales manifiestaciones de la finalidad natural: la *direccionalidad*, la *cooperatividad* y la *funcionalidad*. La direccionalidad se refiere a la existencia de tendencias en los procesos naturales. La cooperatividad se refiere a la capacidad que poseen las entidades y los procesos naturales para integrarse en resultados unitarios. Y la funcionalidad expresa que muchas partes de la naturaleza hacen posible, con su actividad, la existencia y la actividad de los sistemas de que forman parte.

a) *Direccionalidad*

Consideremos, en primer lugar, la *direccionalidad*. Los procesos naturales no se desarrollan de modo arbitrario. Por el contrario, arrancan de entidades típi-

cas y se despliegan de acuerdo con pautas dinámicas. El dinamismo natural se despliega siguiendo «cauces privilegiados». Desde luego, existe una gran variedad de posibles procesos en función de la concurrencia de los diferentes dinamismos, pero los procesos giran en torno a pautas específicas: tal como hemos señalado anteriormente, en la naturaleza, si bien no todo son pautas, todo se articula en torno a pautas.

Esto sucede desde los niveles ínfimos de organización hasta los más complejos. En el nivel fundamental, las cuatro interacciones básicas poseen una intensidad y unos efectos bien definidos, y condicionan el desarrollo de todos los procesos naturales. Algo semejante ocurre con la actividad de los átomos y de las moléculas, y con la actividad bioquímica en los procesos de la vida. Cuando nos adentramos en los organismos vivos, la direccionalidad alcanza su cima, y es realmente asombrosa: el despliegue de la información genética, las actividades intracelulares, la comunicación entre células, las funciones vitales, son manifestaciones de una direccionalidad clara y específica. En la Tierra y en las estrellas se despliegan también dinamismos específicos y direccionales. La existencia de pautas dinámicas, incluso en procesos que suelen calificarse como caóticos, es cada vez más evidente.

La ciencia supone que existe direccionalidad en la naturaleza y busca, precisamente, determinar sus modalidades. Su éxito implica un conocimiento cada vez más concreto de la direccionalidad de los procesos naturales.

Podemos afirmar, por tanto, que el dinamismo natural se despliega de modo direccional. Esto basta para afirmar una *direccionalidad débil* que, aun siendo auténtica, no garantiza que se alcancen unas metas determinadas. ¿Podemos dar un paso más, y afirmar la existencia de una *direccionalidad fuerte*, o sea, que existen *tendencias hacia metas concretas*?

Encontramos aquí una dificultad notable, porque los despliegues concretos del dinamismo natural dependen de circunstancias muy variadas que, en gran parte, responden a *coincidencias accidentales*. Dicho de otro modo: aunque el dinamismo natural gire en torno a pautas, los resultados de su despliegue no están determinados, porque en los procesos concurren diferentes dinamismos y nada garantiza que se llegue a unos resultados concretos. Esto equivale a reconocer que los resultados no son necesarios, sino contingentes. En estas condiciones, ¿cómo puede afirmarse que existen tendencias hacia metas determinadas?

Esta dificultad es insuperable si pensamos en unas metas que se alcanzan de modo *absolutamente necesario*. Si la direccionalidad se identifica con la existencia de unas tendencias que *necesariamente* conducen hacia *metas concretas*, deberá concluirse que *esa direccionalidad no existe*.

A primera vista, esta conclusión parece destruir la esperanza de encontrar un fundamento para la finalidad natural. Sin embargo, no es así. Simplemente, nos vemos obligados a introducir una matización, que tiene una importancia decisiva a la hora de establecer conclusiones acerca de la existencia y alcance de la finali-

dad natural. Esta matización se refiere a las condiciones que garantizan las metas de la direccionalidad. Existen metas determinadas en la medida en que intervienen factores que, por así decirlo, «imponen su ley». En muchos casos, existe una organización o intervienen factores que, dentro de un amplio margen de circunstancias, garantizan que se alcancen metas determinadas. Existen muchas situaciones en las que existe una *organización estable* y, por tanto, tendencias hacia metas determinadas [19].

Puede hablarse, en este sentido, de *grados de direccionalidad*, en función de los factores que intervienen en una situación; se tratará, por ejemplo, de simples *potencialidades*, de *capacidades* más próximas a su actualización, o de auténticas *tendencias* que conducirán a resultados concretos. En último término, siempre se trata de potencialidades cuya actualización es sólo posible, o probable, o segura.

b) *Cooperatividad*

La cooperatividad es un tipo particular de direccionalidad. Concretamente, es una potencialidad que se refiere a la *integración* de diferentes factores en un resultado *unitario*. Al hablar de «resultado unitario», nos referimos a sistemas holísticos, a propiedades emergentes, a nuevos tipos de dinamismo: o sea, a la aparición de nuevos tipos de estructuración y dinamismo que no se reducen a la simple yuxtaposición de los factores iniciales.

El conocimiento de muchas modalidades de cooperatividad en la naturaleza es uno de los principales resultados del progreso científico reciente, en el que ocupa un lugar destacado la *sinergía* o acción cooperativa.

En todos los niveles de la naturaleza ocupan un lugar central los *sistemas holísticos*, que se forman gracias a la acción cooperativa de sus componentes. En el mundo microfísico, los protones, neutrones y electrones se integran de acuerdo con interacciones específicas de modo que se constituyen los átomos, cuyos electrones se disponen en niveles energéticos también muy específicos, determinando así las propiedades químicas de los átomos y, por tanto, su capacidad de integrarse en sistemas mayores. A partir de ese nivel, existen muchos otros tipos de cooperatividad que alcanzan su punto culminante en los organismos de los vivientes.

La cooperatividad hace posible la morfogénesis o producción de pautas holísticas específicas, y se encuentra en la base de la especificidad de la naturaleza.

Si se considera la cooperatividad desde la perspectiva diacrónica de las teorías evolucionistas, es fácil advertir que las sucesivas integraciones conducen a nuevos tipos de organización que, a su vez, abren nuevas posibilidades y cierran otras.

19. Esta afirmación no prejuzga el problema del *indeterminismo*. Hablamos de *tendencias*, que son compatibles con la existencia de un cierto indeterminismo: en la física cuántica, que es el ámbito principal donde surge ese problema, se formulan leyes probabilistas, y las teorías sobre el caos también señalan tendencias específicas.

Cuanto más se avanza en la organización, se abren nuevas rutas que antes no existían. En este sentido puede subrayarse la inconsistencia de algunas críticas que se oponen a la evolución argumentando que es sumamente improbable que coincidan al azar todos los componentes de un nuevo organismo, o todas las variaciones que hacen falta para que surja un nuevo órgano. Efectivamente, la improbabilidad es enorme si se piensa en una mezcla al azar de factores completamente independientes, como sucedería si se mezclasen al azar las letras o las palabras que componen una obra literaria; en cambio, la probabilidad aumenta de modo notable cuando se advierte que los componentes no son independientes, que existen tendencias cooperativas, y que cada logro abre nuevas potencialidades cooperativas que anteriormente no existían y que son cada vez más específicas. Las probabilidades son todavía mayores si se tiene en cuenta que, además de la simple cooperatividad, existe un grado mayor de direccionalidad, en el cual pueden existir factores reguladores cuyas variaciones permiten quizás explicar la producción simultánea de todo un conjunto de cambios coordinados. Ese nuevo grado es la funcionalidad.

c) *Funcionalidad*

Suele hablarse de «funcionalidad» para expresar que una parte desempeña un cierto papel dentro de un todo mayor. La naturaleza se encuentra organizada de tal manera que existen sistemas que poseen una notable funcionalidad. Y puede hablarse también de la funcionalidad de la naturaleza en su conjunto, en cuanto proporciona las condiciones que hacen posible la vida humana.

Existe una estrecha relación entre estructura y función, porque la función de una parte depende obviamente de sus características estructurales. En nuestro caso esto resulta especialmente relevante, porque nuestro análisis se centra en la estructuración natural, y la estructuración proporciona la base que hace posible un alto grado de funcionalidad.

La existencia de funcionalidad resulta patente en los vivientes. Cualquier tratado de biología puede ser considerado como una exposición sistemática de la funcionalidad en los vivientes.

¿Puede hablarse de funcionalidad en el nivel físico-químico? Evidentemente, los sistemas de ese nivel no poseen las características típicas de los vivientes, y no parece lógico atribuirles el mismo tipo de funcionalidad; por ejemplo, tiene sentido hablar de las funciones que desempeñan los hematíes, el hígado o el sistema nervioso, pero resultaría paradójico hablar de las funciones que desempeña un electrón en el átomo o un átomo en la molécula. Los motivos de esta diferencia son patentes: un ser vivo posee unas tendencias típicas cuya realización se logra gracias a las funciones que desempeñan sus componentes; en cambio, no parece posible atribuir unas tendencias semejantes a las entidades físico-químicas.

Sin embargo, *puede hablarse también de funcionalidad en el nivel físico-químico si se tiene en cuenta su doble integración con el nivel biológico: como*

componente y como medio ambiente. La funcionalidad de los vivientes depende de sus componentes físico-químicos, y el ejercicio de esa funcionalidad sólo es posible cuando existe un medio ambiente que proporciona las condiciones imprescindibles o convenientes. En el primer caso (componentes) puede hablarse de una «funcionalidad interna», y en el segundo (medio ambiente) de una «funcionalidad externa».

Podemos llevar nuestras consideraciones más lejos, si consideramos que diferentes sistemas naturales se integran en sistemas mayores. *En la medida en que todo un conjunto de entidades naturales pueda ser considerada como un auténtico sistema, puede atribuirse a sus componentes una «funcionalidad interna»*. Es el caso, por ejemplo, de los ecosistemas, en los que existen componentes vivientes (las especies que lo habitan) y no vivientes (los factores ambientales); de la biosfera, cuyos componentes se extienden a la litosfera, la atmósfera y los océanos, además de los vivientes; e incluso puede hablarse del sistema total de la naturaleza, puesto que existen estrechas relaciones de dependencia entre muchas de sus partes (desde la perspectiva evolutiva, esas relaciones son especialmente estrechas).

Estas reflexiones permiten resolver un problema al que frecuentemente se alude a propósito de la finalidad. En efecto, suele decirse que muchos casos de aparente finalidad no son, en realidad, más que ejemplos de una «utilidad externa» y no pueden utilizarse para argumentar en favor de la finalidad. Esta objeción tiene una parte de razón; no sería correcto, por ejemplo, hablar de finalidad «natural» a propósito de un clima o una vegetación favorable para ciertas especies. Sin embargo, *muchos casos de «utilidad externa» se convierten en casos de «funcionalidad interna» si se trata de condiciones que se engloban, como componentes, en sistemas mayores*. Continuando con el ejemplo anterior, determinadas condiciones climáticas y la existencia de las plantas son condiciones imprescindibles para la existencia humana; por tanto, si se consideran sistemas que incluyen la vida humana, se trata de componentes a los que deberá atribuirse una auténtica funcionalidad interna.

Evidentemente, *existen grados de funcionalidad*. Por ejemplo, algunas funciones de los organismos resultan completamente necesarias para su supervivencia, y otras, en cambio, son solamente convenientes. Algo análogo sucede cuando consideramos sistemas mayores.

La funcionalidad es el aspecto dinámico de la estructuración. La estructuración de los organismos y de sus partes es la base que hace posible la funcionalidad; y esto es una manifestación del entrelazamiento del dinamismo y la estructuración. No es necesario examinar ejemplos: existen por doquier en los vivientes. En cambio, es conveniente considerar la funcionalidad de los diferentes niveles naturales en cuanto unos son condición de posibilidad de los otros.

En efecto, la continuidad de los diferentes niveles significa que unos son *condición de posibilidad* de otros (no en todos sus aspectos, pero sí en algunos de ellos o en su conjunto). El nivel físico-químico proporciona los constituyentes de

todos los demás; el astrofísico proporciona los constituyentes del geológico, el cual realiza, en parte, una función semejante con respecto al biológico; los niveles astrofísico y geológico proporcionan el medio ambiente necesario para la existencia del biológico; y, en el nivel biológico, unos organismos son condición de posibilidad de otros: por ejemplo, las plantas son indispensables para la existencia de vivientes heterótrofos, o sea, de todos los demás vivientes.

Si ahora contemplamos las condiciones de posibilidad de la vida humana, advertimos fácilmente que la organización de los niveles naturales adquiere un sentido obvio. No pretendemos afirmar que la existencia de cada componente de la naturaleza deba explicarse en función de conveniencias humanas particulares; se trataría de un antropocentrismo ingenuo e insostenible. Pero existe un antropocentrismo legítimo, que considera a la persona humana como la cima de la naturaleza, y reconoce que la existencia del hombre sólo es posible porque existe una gran funcionalidad en la que se encuentran involucrados todos los demás niveles de la naturaleza. Por tanto, si se reconoce que la vida humana tiene un valor, es posible atribuir un significado a la organización de la naturaleza en función de la vida humana.

En la naturaleza no sólo existe funcionalidad, sino una *notable* funcionalidad. No nos detendremos en ejemplos particulares, que son, por lo demás, muy abundantes; los progresos de la biología molecular bastan para advertir el enorme grado de sofisticación de las estructuras biológicas y de la correspondiente funcionalidad[20]. Se trata de coordinaciones que implican series enteras de procesos, y que se realizan con una precisión admirable. Puede afirmarse que, en muchos aspectos, la organización funcional de la naturaleza supera ampliamente las realizaciones humanas: en variedad, riqueza, armonía, eficiencia, simplicidad, belleza y fantasía.

31.3. *Existencia y alcance de la finalidad natural*

¿Podemos afirmar que existe finalidad en la naturaleza? Y, en caso afirmativo, ¿en qué consiste, y cuál es su alcance?

Si tenemos presentes las consideraciones anteriores, no es difícil responder a estos interrogantes. En efecto, hemos analizado la direccionalidad, la cooperatividad y la funcionalidad que existen en la naturaleza, y ahora sólo nos queda sintetizar los resultados de ese análisis y examinar sus implicaciones.

20. Jacques MONOD, en su obra ya citada *El azar y la necesidad*, proporciona abundantes ejemplos, que se han multiplicado en las décadas posteriores. Lo que él niega es que esa funcionalidad responda a un plan, pero su obra pone de manifiesto que, incluso quienes se oponen a la existencia de un plan superior, admiten que en la naturaleza existe un grado muy notable de direccionalidad, cooperatividad y funcionalidad, y que el progreso científico pone de relieve, de modo cada vez más amplio, la existencia de estas características de la naturaleza.

En la naturaleza existe direccionalidad, tanto en sentido débil como fuerte. La existencia de una *direccionalidad débil* significa que los procesos naturales se articulan en torno a pautas dinámicas y que existen, por tanto, tendencias generales cuya actualización depende de los factores que intervienen en cada caso. Cuando los procesos se desarrollan en sistemas organizados que poseen suficiente estabilidad, existe además una *direccionalidad fuerte*, o sea, tendencias hacia metas particulares bien definidas.

También existe un tipo especial de direccionalidad que es la *cooperatividad*. Tanto las entidades como los procesos naturales manifiestan una cooperatividad que permite su integración en nuevos resultados unitarios, y esa cooperatividad se extiende a todos los niveles de la organización natural.

Por fin, en los sistemas y procesos unitarios existe *funcionalidad*: los componentes cooperan mutuamente haciendo posible la actividad de cada uno de ellos y la del conjunto. Esa funcionalidad resulta patente en el caso de los organismos individuales; pero también se extiende a sistemas más amplios e incluso al sistema total de la naturaleza, debido a la continuidad y mutua dependencia que existe entre los niveles naturales. Cuando se considera la naturaleza como condición de posibilidad de la vida humana, puede afirmarse la funcionalidad del resto de la naturaleza con respecto al hombre.

Esta síntesis expresa el significado y el alcance de la *finalidad natural*, tal como aquí la entendemos. Añadiremos ahora algunas reflexiones para precisar el alcance de nuestra conclusión.

Podría pensarse que la finalidad natural, tal como la acabamos de caracterizar, se limita a recoger características de la naturaleza cuya existencia es patente. Así es, en efecto. Existe, sin duda, otro problema relacionado con la finalidad natural: el de su explicación. Ese problema exige ulteriores consideraciones, que se extienden hasta la metafísica y la teología natural: aludiremos a ellas al referirnos al camino que lleva desde la naturaleza hasta Dios. Por el momento, nos hemos limitado a examinar de modo riguroso y objetivo las dimensiones finalistas de la naturaleza, para sentar las bases sobre las cuales pueda plantearse la reflexión ulterior. Por tanto, si nuestra conclusión sólo incluye aspectos en los que todos deben coincidir, será una señal de que hemos conseguido nuestro objetivo.

Por otra parte, es importante advertir que la direccionalidad, la cooperatividad y la funcionalidad son dimensiones que se refieren al *modo de ser* de las entidades y procesos naturales; responden a su dinamismo y estructuración, no son algo sobreañadido ni tampoco son resultados accidentales: son dimensiones constitutivas de lo natural. Propiamente son *modos de obrar*, que manifiestan modos de ser. La direccionalidad y la cooperatividad equivalen a la existencia de potencialidades específicas de tipo tendencial, cuya actualización no se produce de modo necesario, sino en función de las circunstancias; la funcionalidad corresponde al despliegue de esas tendencias cuando se dan las circunstancias que permiten la existencia de organizaciones estables.

Podemos afirmar, en definitiva, que el concepto de finalidad natural, tal como lo hemos delimitado, *representa dimensiones reales de la naturaleza*; y que *esas dimensiones se refieren al modo de obrar de lo natural y, por tanto, a su modo de ser*. Añadimos ahora que esas dimensiones deben tenerse en cuenta cuando se pretende conseguir una representación fidedigna de la naturaleza, ya que expresan importantes características de lo natural: si se prescinde de ellas, será imposible reflejar adecuadamente el carácter dinámico y tendencial de la naturaleza, que conduce a sistemas cuya organización posee un alto grado de funcionalidad.

31.4. *La finalidad natural ante la cosmovisión actual*

Son tres los ámbitos principales en los que la finalidad natural encuentra desafíos y confirmaciones en la cosmovisión actual: la cosmología, la evolución, y la auto-organización.

a) *Finalidad y cosmología*

El modelo de la Gran Explosión y la física actual ponen de manifiesto que la existencia de la naturaleza, tal como la conocemos, depende de toda una serie de coincidencias y equilibrios: si la proporción de materia sobre anti-materia en el inicio del universo hubiese sido ligeramente diferente, o si la masa del neutrón no fuese ligeramente superior a la del protón, o si no existieran un conjunto de propiedades físico-químicas muy específicas tanto en el presente como en el pasado, la vida en la Tierra y nuestra propia existencia no se habrían producido.

Sobre esa base, se ha propuesto lo que se ha denominado *principio antrópico*. En 1955, G. J. Whitrow subrayó que no son admisibles las explicaciones científicas que sean incompatibles con los resultados que de hecho se han dado en nuestro mundo. Robert H. Dicke articuló esta idea en 1957, argumentando que los factores biológicos ponen condiciones a los valores de las constantes físicas básicas. Em 1974, Brandon Carter propuso la expresión *principio antrópico*, afirmando que el hombre no ocupa un lugar central en el universo, pero sí una posición privilegiada. John D. Barrow y Frank J. Tipler publicaron en 1986 un libro donde expusieron una amplia defensa del principio antrópico[21].

Suele distinguirse una formulación *débil* o moderada del principio antrópico, y una formulación *fuerte*.

En su versión *débil* o moderada, el principio antrópico afirma que tanto las condiciones iniciales del universo como sus leyes tienen que ser compatibles con

21. John D. BARROW y Frank J. TIPLER, *The Anthropic Cosmological Principle*, Clarendon Press, Oxford 1986.

la existencia de la naturaleza que observamos, incluyéndonos a nosotros mismos. Las condiciones necesarias para la existencia de la vida humana abarcan un amplio conjunto de factores físicos, químicos, geológicos, astronómicos y biológicos, que son muy específicos. Esta versión moderada se limita a afirmar que deben haberse dado y seguirse dando las condiciones necesarias para nuestra existencia, lo cual es cierto. Esta formulación del principio antrópico puede servir como guía heurística, para excluir, en el estudio científico, lo que sea incompatible con las características que, de hecho, posee la naturaleza.

En su versión *fuerte*, el principio antrópico postula, de algún modo, la existencia de una finalidad que abarca todo el proceso de la formación de la naturaleza. Nada hay que objetar a esta afirmación si se formula como una reflexión filosófica basada en los datos que proporcionan las ciencias. Pero, en ocasiones, quienes defienden alguna de las versiones fuertes del principio antrópico parecen intentar presentarlo como si fuese una parte de la ciencia misma, ante lo cual protestan, con razón, no pocos científicos. En algunas ocasiones se defiende una versión fuerte del principio antrópico sin admitir, en cambio, la existencia de un Dios personal; de ahí resultan posiciones un tanto confusas, de tipo más o menos panteísta.

En cualquier caso, el eco que ha encontrado el principio antrópico en la actualidad pone de manifiesto que es muy difícil dejar de lado las dimensiones finalistas de la naturaleza.

b) *La finalidad en el nivel biológico*

Aunque el progreso de la biología nos lleva a conocer cada vez mejor las dimensiones finalistas de la naturaleza, una de las objeciones principales que se plantean contra la finalidad natural es la que proviene, también en el ámbito de la biología, de la teoría de la evolución. Ya hemos aludido a este problema al estudiar la evolución. Añadiremos ahora algunas reflexiones complementarias.

El problema planteado por el evolucionismo consiste en que los organismos vivientes podrían explicarse a partir de su origen, por evolución desde formas menos organizadas, mediante causas eficientes naturales: en concreto, como el resultado de la combinación de *variaciones aleatorias* y *selección natural*. Las novedades se producirían por azar, y la competencia adaptativa motivaría que sólo sobrevivieran los organismos más adaptados, dando la impresión de un progreso programado.

Según una interpretación ampliamente difundida, el evolucionismo desalojaría a la finalidad del mundo biológico, que venía a ser su último reducto; la evolución haría inútil cualquier explicación finalista, porque la aparente finalidad de los vivientes vendría explicada mediante su origen evolutivo. Además, no podría afirmarse que el hombre sea el fin de la evolución, ya que ésta depende de factores aleatorios e imprevisibles. Por fin, la evolución también invalidaría el argu-

mento teleológico (plan divino), que vendría sustituido por las explicaciones naturalistas (la combinación del azar y la necesidad)[22]. Vamos a examinar estas tres objeciones, con objeto de mostrar que *la evolución no elimina la finalidad*.

En primer lugar, *la evolución no proporciona una explicación completa de la finalidad natural*. En efecto, la evolución no explica que existan en la naturaleza unas virtualidades muy específicas, cuya actualización conduce a nuevas virtualidades que son también muy específicas, y así sucesivamente. La evolución resulta ininteligible si no se admite la existencia de tendencias y cooperatividad. La evolución no explica en qué consiste y de dónde proviene el dinamismo natural, enormemente específico, que le sirve de base. La explicación de los orígenes es sólo una parte de la explicación de la finalidad. Por otra parte, sea cual sea su origen, en los organismos existe un alto grado de finalidad, y el recurso al binomio azar-selección no basta para explicar completamente la producción de una organización tan sofisticada, coordinada y funcional.

En segundo lugar, *la evolución no es incompatible con el lugar central que el hombre ocupa en la naturaleza*. Sin duda, el hombre como meta de la evolución es un resultado contingente: si consideramos las condiciones naturales que hacen posible la existencia humana, hubo un tiempo en que no existieron, habrá un tiempo en que no existirán, y podían no haberse dado nunca. Pero el hombre está en la cumbre del proceso evolutivo: no bajo cualquier aspecto, pero sí en cuanto a la sutileza de la organización material y, sin duda, en cuanto a las dimensiones espirituales que trascienden el ámbito de lo natural. Y nada impide que el hombre sea el fin previsto por un plan superior que, si bien actúa utilizando las posibilidades naturales, está por encima de ellas.

En tercer lugar, *la evolución es compatible con la existencia de un Dios creador y con el consiguiente plan divino acerca de la creación*, porque el evolucionismo se sitúa en otro nivel. Así lo reconocen casi todos los evolucionistas, aunque sean agnósticos. La evolución sólo sería incompatible con una «creación estática» (según la cual la naturaleza habría sido creada en su estado actual) o con un «plan lineal» (la evolución sería siempre lineal, progresiva y perfecta bajo cualquier aspecto). Se comprende que sólo nieguen la compatibilidad entre la evolución y el plan divino algunos fundamentalistas que sostienen una interpretación demasiado literal del relato bíblico y algunos científicos y filósofos que sostienen posiciones cientificistas. Puede decirse, incluso, que el proceso evolutivo

22. No nos detenemos en más detalles de las teorías evolucionistas, porque ya las hemos analizado anteriormente. Nos hemos referido también, en ese lugar, a las posiciones cientificistas de Jacques MONOD (en su obra *El azar y la necesidad*) y de Richard DAWKINS (en su obra *El relojero ciego*), dos representantes del anti-finalismo que se presenta como si estuviese apoyado por la biología. Según el anti-finalismo radical defendido por Monod, la ciencia se basa en el postulado de la objetividad, que excluye cualquier «proyecto» o plan superior; si a esto se añade el cientificismo, se concluye (como lo hace Monod) que no existe ningún plan. Dawkins llega a la misma conclusión, subrayando el papel directivo que desempeña la selección natural en el proceso evolutivo y sosteniendo que este factor basta para explicar la organización actual de los vivientes.

resulta difícilmente comprensible si no existe algún tipo de dirección o plan: ese proceso supone la existencia de unas potencialidades iniciales muy específicas, cuyas sucesivas actualizaciones a lo largo de un período enorme de tiempo conducen a nuevas potencialidades que de nuevo son muy específicas, y esto sucede muchas veces; además, ha sido necesaria la coincidencia de muchos factores que han hecho posible esa enorme cadena de actualización de potencialidades.

c) *Finalidad y auto-organización*

El nuevo paradigma de la auto-organización, que se ha difundido ampliamente en la actualidad, abarca un conjunto de teorías diferentes relativas a los diferentes niveles de la naturaleza. La idea básica es la formación espontánea del orden a partir de estados de menor orden, de donde se toma el nombre de auto-organización.

Ese paradigma puede sintetizarse en pocas palabras del modo siguiente: la materia posee un dinamismo propio que, en las condiciones adecuadas, da lugar a fenómenos sinergéticos o cooperativos, mediante los cuales se forma espontáneamente un orden de tipo superior (más complejo o más organizado). Así se habría formado el universo con todas sus partes.

Se subraya, por tanto, que en la naturaleza existe un dinamismo propio que se despliega de modo direccional. En efecto, la auto-organización se basa en la existencia de tendencias y de cooperatividad.

Pero también se subraya la contingencia. La actualización de las tendencias depende de circunstancias aleatorias. Los resultados no son necesarios, podrían darse otros diferentes si las circunstancias fuesen otras. La complejidad de los procesos reales pone de manifiesto la contingencia de las sucesivas etapas del proceso evolutivo.

Un elemento clave en el nuevo paradigma es la función central que desempeña la información: el dinamismo natural se despliega estructuralmente de acuerdo con pautas; ese despliegue produce nuevas estructuras espaciales que, a su vez, son fuente de nuevos dinamismos; y todo ello funciona mediante una información que es almacenada estructuralmente y se despliega mediante procesos en los que la información se codifica y descodifica, se transcribe, se traduce y se integra. La información viene a ser racionalidad materializada, porque contiene y transmite instrucciones, dirige y controla, y todo ello a través de estructuras espacio-temporales.

De este modo, se abren nuevas perspectivas a la filosofía de la naturaleza: no sólo es posible conservar los principales problemas y resultados antiguos, sino también reformularlos y ampliarlos en un nuevo contexto mucho más rico. En esta perspectiva ocupa un lugar central la finalidad. En efecto, se subraya la importancia de los factores dinámicos, holísticos y direccionales, así como el papel que desempeña la información.

La auto-organización es entendida a veces como un «pan-darwinismo naturalista» que eliminaría definitivamente el problema del fundamento radical de la naturaleza: la naturaleza sería autosuficiente. Sin embargo, la reflexión rigurosa sobre la cosmovisión actual nada tiene que ver con ese naturalismo. La ciencia experimental debe su gran progreso a la adopción de un método que, a la vez, tiene unos límites precisos: no estudia temáticamente las dimensiones filosóficas de la naturaleza, pero las supone y proporciona elementos para profundizar en ellas. Y la explicación de las dimensiones filosóficas remite a los interrogantes acerca del fundamento radical de la naturaleza.

32. Naturaleza y persona humana

Hemos caracterizado lo natural mediante el entrelazamiento del dinamismo propio con la estructuración espacio-temporal, que se articula en torno a pautas. Y hemos advertido que esta caracterización permite distinguir lo natural de lo específicamente humano, cuyo dinamismo trasciende las estructuras espacio-temporales. Consideraremos ahora la relación de la persona humana con la naturaleza.

32.1. *La singularidad humana*

El hombre pertenece a la naturaleza pero, al mismo tiempo, la trasciende. Se encuentra sumergido en el mundo físico, pero es un ser personal que posee dimensiones inmateriales.

a) *Características de la persona humana*

La persona humana, tal como aparece ante nuestra experiencia, presenta unas características específicas que la diferencian del resto de los seres naturales.

Ante todo, el hombre es una *persona*, o sea, un sujeto que puede actuar voluntariamente, respondiendo de sus propios actos. Su dinamismo propio se refiere a un principio interior del que nadie, excepto la persona concreta, puede responder. Las personas pueden ser reemplazadas por otras si se trata de ejecutar tareas concretas, pero nadie puede sustituir a nadie cuando se consideran las dimensiones estrictamente personales de la vida humana: la actuación ética, la amistad, el amor.

El carácter personal del hombre se encuentra estrechamente relacionado con la *auto-conciencia*. Su inteligencia no se limita a unas capacidades encaminadas a la acción, sino que capacita a la persona para interiorizar su propia vida y el mundo que le rodea, mediante la reflexión sobre sus propios actos. La inmanencia humana tiene un carácter *intencional*, lo cual significa que posee una apertura que capacita a la persona para entrar en relación con el resto de los seres.

La persona humana tiene un modo de ser y de obrar que le sitúan por encima del resto de los seres naturales. Es característico del ser humano el conocimiento intelectual, que permite plantear las cuestiones acerca del ser y del sentido, y que se encuentra estrechamente vinculado con la capacidad de elegir y de amar. Al querer y amar, el hombre se determina a sí mismo de modo voluntario, lo cual sólo es posible en un ser que posee conocimiento intelectual. La actividad libre se fundamenta en juicios de valor, que suponen el conocimiento del bien.

La distancia que separa al hombre de la naturaleza puramente física es manifiesta. Sin embargo, lo natural-físico forma parte constitutiva del hombre. Las dimensiones físicas no son algo externo o accidental a la persona, sino que constituyen un aspecto básico del ser humano. Pero la persona no se agota en las dimensiones natural-físicas. La peculiaridad de la persona humana consiste en que su naturaleza pertenece a la vez al mundo físico y al mundo espiritual.

La realidad del yo personal, dotado de dimensiones espirituales, es indudable. El problema no consiste en encontrar alguna actividad singular que lo testimonie. Nuestra experiencia está llena de esa realidad: su negación exige violentar todo un conjunto de persuasiones profundas y adoptar actitudes prácticas imposibles. *Tenemos experiencia clara y amplia de lo que significa la espiritualidad*: personalidad, creatividad, amistad, capacidad de argumentación y crítica, actuación ética, libertad, apreciar los valores, responsabilidad.

El carácter simultáneamente material y espiritual de la persona humana tiene aspectos difíciles de conceptualizar, pero responde fielmente a la experiencia. Lo físico en el hombre es humano, nunca puramente animal; se encuentra compenetrado con las dimensiones espirituales características de la persona. A la vez, la vida espíritual se realiza junto con las capacidades psíquicas, biológicas y físicas. Todo lo humano se encuentra encarnado y espiritualizado. El hombre es a la vez material y espiritual.

b) *Creatividad científica y singularidad humana*

El progreso de la ciencia experimental manifiesta con especial claridad la existencia de las dimensiones específicas de la persona humana. Analizaremos ahora el sentido de esta afirmación, refiriéndonos a la actividad científica, a sus métodos, a sus resultados, y a sus supuestos o condiciones de posibilidad.

La actividad científica se dirige hacia un doble objetivo: el conocimiento de la naturaleza y su dominio controlado. No se busca ninguno de los dos por separado, sino una combinación peculiar de ellos: se trata de conseguir un conocimiento que pueda ser sometido a control experimental.

El científico adopta una actitud muy especial frente a la naturaleza. Desea conocerla, pero encuentra una dificultad fundamental: que la naturaleza no habla. Por tanto, para conocer los aspectos de la naturaleza que no aparecen ante la experiencia ordinaria, debe encontrar un modo de sonsacarle sus «secretos». El mé-

todo científico es, esencialmente, el camino que el hombre ha encontrado para interrogar a la naturaleza de manera que ésta responda a sus preguntas.

El método científico es extraordinariamente sutil, y no puede extrañar que tardase muchos siglos en desarrollarse sistemáticamente; de hecho, no se consolidó hasta el siglo XVII. A veces se afirma que el método científico consiste en observar la naturaleza, recoger con cuidado los datos y sistematizarlos en leyes, pero esto es una caricatura del método realmente utilizado en las ciencias. Este método consiste en formular hipótesis y someterlas a control experimental; pero esto sólo es posible si se utilizan conceptos que puedan ser definidos matemáticamente y puedan ser relacionados con procedimientos de medición: y estas exigencias complican extraordinariamente el problema.

Para advertirlo basta pensar en los conceptos científicos más sencillos, tales como la masa, la velocidad, el tiempo y la temperatura. Todos tenemos una idea intuitiva de esos conceptos. Sin embargo, para que sean útiles en la ciencia, debemos definirlos de tal manera que puedan formar parte de relaciones matemáticas y, a la vez, podamos atribuirles valores concretos de acuerdo con los resultados de las mediciones. ¿Cómo lo conseguimos? No existen procedimientos automáticos. Es necesaria una capacidad creativa, por un lado, y una capacidad argumentativa, por otro.

Consideremos el aspecto teórico. ¿Cómo se suman las magnitudes? En el caso de las masas, se trata de una suma aritmética: la masa es una magnitud escalar. En cambio, las velocidades son magnitudes vectoriales, y se suman de acuerdo con la regla del paralelogramo. Y las temperaturas no se suman de ninguno de estos dos modos. Pero estas reglas no se obtienen por simple observación de hechos ni tampoco mediante un puro ejercicio mental; es necesario un trabajo creativo cuyos resultados han de someterse luego al control experimental.

Si consideramos el control experimental, los problemas no son menores. Para medir, hay que disponer de unidades, y la definición de las unidades conduce a dificultades nada triviales. Por ejemplo, para determinar los valores del tiempo, debemos disponer de un movimiento que se repita periódicamente a intervalos iguales, y tomar como unidad una fracción de su duración; pero, ¿cómo sabemos que un movimiento es periódico, si todavía no sabemos medir el tiempo? La dificultad es real. Si se trata de la temperatura, para medirla necesitamos una ley que relacione los valores de la temperatura con los valores de alguna magnitud que podamos observar directamente, tal como la dilatación del volumen de un líquido o de un gas; pero, de nuevo, ¿cómo sabemos que esa ley es correcta, si todavía no sabemos medir la temperatura?

Estas dificultades son auténticas, y aumentan considerablemente cuando consideramos magnitudes más abstractas, tal como se hace continuamente en la ciencia experimental.

Por otra parte, aun suponiendo que ya dispongamos de una buena hipótesis y sepamos medir los valores de las magnitudes, ¿cómo podemos estar seguros,

mediante el control experimental, de que esa hipótesis es verdadera? Aunque comprobemos en muchos casos que corresponde a los datos de experiencia, siempre es posible que aparezcan nuevos casos en los cuales la hipótesis no funcione: la historia de la ciencia es pródiga en ejemplos de este tipo.

Por tanto*, la ciencia experimental exige fuertes dosis de creatividad, de interpretación y de argumentación*. De hecho, la ciencia existe, y su progreso es muy notable. Esto sólo es posible porque la persona humana posee unas capacidades que le han permitido desarrollar métodos enormemente sofisticados, gracias a los cuales puede estudiar aspectos de la naturaleza que se encuentran muy alejados de las posibilidades de observación, formulando hipótesis muy elaboradas y sometiéndolas a control experimental mediante técnicas no menos refinadas.

Por consiguiente, el análisis de la ciencia experimental muestra el carácter completamente singular de la persona humana, ya que esa ciencia supone unas capacidades que no se dan en otros seres naturales. Se trata de una manera de enfrentarse ante la naturaleza, de estudiarla y de dominarla, que sólo es posible porque poseemos la capacidad *creativa*, que nos permite idear métodos y conceptos; la capacidad *argumentativa*, que permite evaluar las soluciones; el sentido de la *evidencia*, que se encuentra implícito en la capacidad argumentativa; la capacidad de *auto-reflexión*, sin la cual sería imposible la existencia de las capacidades mencionadas. Además, estas capacidades se refieren a la combinación de lo racional y lo empírico, de tal modo que manifiestan la interpenetración de ambos aspectos en la persona humana.

En definitiva, el progreso de la ciencia experimental muestra que la persona humana posee dimensiones materiales y racionales que se encuentran interpenetradas. El materialismo y el empirismo por un extremo, y el idealismo y el apriorismo por el otro, no consiguen dar razón de la ciencia experimental, y de hecho, tropiezan con dificultades insalvables cuando intentan proponer una imagen de la ciencia que corresponda a la actividad científica real y a sus logros [23]. La reflexión sobre las características de la ciencia experimental muestra que sólo una antropología en la cual se reconoce la existencia y mutua interpenetración de las dimensiones materiales y racionales en la persona humana, se encuentra en condiciones de explicar la actividad científica y sus logros reales.

32.2. *Materia y espíritu en la persona humana*

El nivel humano se encuentra en continuidad con los niveles inferiores de la naturaleza. Pero la persona posee unas características singulares que se encuentran en un nivel *cualitativamente* superior al de las demás entidades naturales. Esto es

23. Esta idea se encuentra ampliamente ilustrada en: Stanley L. JAKI, *Angels, Apes and Men*, Sherwood Sugden, La Salle (Illinois) 1982.

un hecho claro, y resulta lógico utilizar un término específico para designar ese tipo de características. En ese sentido hablamos de cualidades *espirituales*.

La utilización del término *espiritual* en este contexto no plantea ningún problema, ya que se trata sólo de representar las cualidades específicamente humanas, cuya existencia es patente. Los problemas surgen cuando nos preguntamos por las relaciones entre la espiritualidad humana y las condiciones materiales. Es el problema que examinamos a continuación.

a) *Lo material y lo espiritual: cuatro problemas*

Consideraremos ahora cuatro problemas que plantean las relaciones entre la espiritualidad humana y las condiciones materiales. El primero es *epistemológico*, y se refiere a la posibilidad de observar manifestaciones concretas de las dimensiones espirituales. El segundo es *ontológico*, y se refiere a la caracterización del modo de ser propio de lo espiritual, y a la coexistencia de lo espiritual y lo material. El tercero es *metafísico*, y se refiere a la necesidad de admitir una acción divina para dar razón de la espiritualidad humana. El cuarto es *existencial*, y se refiere a la supervivencia del espíritu humano después de la muerte.

Respecto al problema *epistemológico*, si tenemos en cuenta la unidad de la persona humana, es inútil buscar manifestaciones de la espiritualidad humana que no se encuentren relacionadas en modo alguno con las condiciones materiales. La existencia de las dimensiones espirituales es patente, pero también lo es que la actividad humana se encuentra mediatizada por las condiciones materiales. La búsqueda de dimensiones no mezcladas con lo material equivaldría a buscar un fantasma que se alojaría en algunos huecos del organismo humano, y ese fantasma no existe. Sin embargo, las dimensiones propiamente espirituales se manifiestan a través de toda la actividad consciente de la persona, y el progreso de la ciencia experimental es uno de los mejores ejemplos de ello: la creatividad y la capacidad de argumentación, que alcanzan un nivel muy notable en la ciencia experimental, manifiestan claramente que formamos parte de la naturaleza pero que, al mismo tiempo, la trascendemos.

Respecto al problema *ontológico*, el modo de ser propio de la persona incluye como parte constitutiva el modo de ser natural, pero lo trasciende. La persona posee un dinamismo propio que sobrepasa las posibilidades de las pautas espacio-temporales, tal como lo muestra, por ejemplo, su capacidad de plantearse interrogantes y deseos que caen fuera del ámbito de lo espacio-temporal, y su capacidad de auto-determinarse libremente sobre la base del conocimiento de los valores éticos. Pero el dinamismo de la persona es unitario y, por tanto, el problema de la interacción entre lo espiritual y lo material responde a un planteamiento equivocado. En efecto, supone de algún modo que en la persona humana existen dos realidades diferentes que interactúan de modo exterior, lo cual no corresponde a la realidad. La persona posee un ser único, y aunque su modo de ser incluye di-

mensiones materiales y espirituales que tienen manifestaciones específicas, ambas se encuentran compenetradas en un modo de ser único.

El problema *metafísico* no ofrece ninguna dificultad que no se encuentre ya presente en el caso de las entidades puramente naturales. Es necesario admitir la acción divina fundante tanto en el caso de la persona como con respecto a los demás seres naturales. Cuando se habla de una *creación especial* del alma humana, lo que es especial son los resultados de la acción divina, o sea, las dimensiones espirituales de la persona, pero es necesario admitir la acción divina fundante en todos los casos, y no sólo en el caso del hombre. Por tanto, esa creación especial no significa, por así decirlo, una alteración del curso ordinario de la naturaleza, como si la naturaleza fuese independiente de la acción divina y esta acción sólo se diera en el caso del hombre. Dios da el ser a todo lo que existe en la naturaleza, y lo peculiar en el caso del hombre es que el resultado de la acción divina posee una «densidad ontológica» que supera el modo de ser propio de las entidades naturales. Además, el modo de ser de la persona humana es posible porque existen unas condiciones naturales muy específicas; por tanto, también bajo este punto de vista puede advertirse que la creación especial del alma humana se encuentra en continuidad, y no en oposición, con el curso ordinario de la naturaleza. En definitiva, la espiritualidad del alma humana exige que cada alma sea creada directamente por Dios, ya que el espíritu no puede proceder de una transformación de la materia, pero esto no significa que el mundo natural no necesite de la acción divina fundante [24].

Sin duda, el problema *existencial*, que se refiere a la supervivencia del alma humana después de la muerte, es el más difícil. Sin embargo, si la persona humana posee unas dimensiones ontológicas que suponen una participación en el ser propio de la divinidad, y su ser depende de la acción divina, resulta lógico que, cuando las condiciones naturales hacen imposible la continuación de la vida humana en su modo de ser completo, la persona continúe viviendo en su ser espiritual. En caso contrario, para que el espíritu dejase de existir, haría falta una aniquilación, o sea, una acción divina que parece contradecir a la acción creadora. Las dificultades principales provienen de la dificultad de representar la vida humana en condiciones no naturales, pero se trata de dificultades secundarias, porque sólo se deben a nuestras posibilidades de representación.

24. Cfr. lo dicho en el capítulo X, apartado 29.4.c. Puede verse al respecto: Roger VERNEAUX, *Filosofía del hombre*, Herder, Barcelona 1971, pp. 219-220; Ricardo YEPES, *Fundamentos de antropología. Un ideal de la excelencia humana*, 2.ª ed., EUNSA, Pamplona 1997, pp. 474-479; Mariano ARTIGAS, *Las fronteras del evolucionismo*, 5.ª ed., Palabra, Madrid 1991, pp. 163-169, 171-177 y 198-200. Se encuentra un análisis del contexto científico de este tema, en el que se concluye la creación divina del alma humana, en: John C. ECCLES, *Evolution of the Brain: Creation of the Self*, Routledge, London and New York 1991, p. 237.

b) *El hilemorfismo espiritualista*

La singularidad humana es un hecho claro; los problemas se plantean en torno a su explicación. Se trata de problemas que se han planteado y discutido desde la antigüedad.

Según el *monismo materialista*, en el hombre no hay materia y espíritu; todo sería materia y diversas manifestaciones de fenómenos materiales. Una versión más sofisticada del materialismo es el *materialismo emergentista*. Admite la realidad de lo mental, que no se reduce a lo físico-químico. Afirma que lo mental es algo cualitativamente diferente de lo físico, pero afirma que es un resultado emergente de los procesos neuronales. Recurriendo a la teoría de sistemas, afirma que la interacción de los componentes explica de modo suficiente la existencia de propiedades emergentes, sin que sea necesario admitir realidades inmateriales que, por otra parte, no darían lugar a efectos observables ni podrían interaccionar con los componentes materiales.

La *emergencia* significa que un sistema posee propiedades que no se encontraban en sus componentes. Se trata de propiedades sistémicas, que son el resultado de las interacciones de los componentes. No hace falta recurrir a causas nuevas para explicar la emergencia; basta tener en cuenta que las interacciones de los componentes, en este caso de las neuronas, tienen como resultado propiedades realmente nuevas que sólo se dan en los sistemas. Sin embargo, afirmar la emergencia de la mente no equivale a proporcionar una *explicación* de las características específicamente humanas. El emergentismo no hace más que constatar que esas características existen y añade, contra toda evidencia, que las propiedades materiales son *suficientes* para explicarlas: niega la espiritualidad humana, y para ello debe hacer violencia a todo un conjunto de experiencias fundamentales.

El materialismo no puede ser defendido utilizando los avances de la psicología experimental: estos avances solamente muestran que existe una relación entre el psiquismo humano y las condiciones materiales en las cuales ese psiquismo existe y se ejercita.

El *dualismo interaccionista* afirma que en la persona humana, junto con lo material, existe una realidad inmaterial que se denomina, según los autores, mente, espíritu, o alma, y que esa realidad inmaterial interacciona con las condiciones materiales. Pero este *interaccionismo* ha de afrontar las dificultades relacionadas con el clásico problema de la *comunicación de las substancias*, planteado en la época moderna por Descartes y central en la filosofía post-cartesiana, que nunca ha encontrado respuesta satisfactoria: ¿cómo se relacionan dos realidades tan heterogéneas, que son concebidas como mutuamente externas? Además, permanece el problema del origen de la mente. El recurso a las explicaciones evolucionistas no resuelve el problema. Así, un partidario del dualismo interaccionista como Karl Popper afirma, por una parte, que la evolución por selección natural explica

la emergencia de las dimensiones inmateriales de la persona[25], pero por otra, admite que se trata de un problema cuya explicación última queda envuelta en el misterio: "Ahora deseo hacer hincapié sobre lo poco que se dice cuando se afirma que la mente es un producto emergente del cerebro. Prácticamente carece de valor explicativo y apenas equivale a algo más que poner un signo de interrogación en un determinado lugar de la evolución humana. No obstante, creo que es lo único que podemos decir desde un punto de vista darwinista"[26].

Esta incertidumbre es inevitable cuando no se admite una explicación metafísica y sólo se cuenta con las explicaciones evolucionistas que, por principio, no pueden dar razón de las dimensiones espirituales de la persona humana. Popper es consciente de los límites de la explicación evolucionista, pero no abre otras posibilidades; por tanto, debe conformarse con una penumbra envuelta en el misterio más oscuro: "Ciertamente, la evolución no puede tomarse en ningún sentido como una explicación última. Hemos de hacernos a la idea de que vivimos en un mundo en el que casi todo lo que es muy importante ha de quedar esencialmente inexplicado... en última instancia, todo queda sin explicar: especialmente todo cuanto se refiere a la existencia"[27].

El *hilemorfismo* fue utilizado por Aristóteles para explicar el modo de ser básico de las substancias naturales, y recibió una formulación clásica en el pensamiento de Tomás de Aquino. Caracteriza al hombre como compuesto de cuerpo y alma, subrayando la unidad del compuesto y la espiritualidad del alma. El hombre es concebido como *una sola substancia*, frente al dualismo de tipo cartesiano, puesto que, si bien espíritu y materia son realidades diferentes, sin embargo *el alma es forma substancial del cuerpo*. El hombre no es un cuerpo al que se añade un alma como una realidad yuxtapuesta, sino que alma y cuerpo forman una sola realidad; lo cual no impide que, dado el carácter espiritual del alma, ésta pueda subsistir después de la muerte.

Esta doctrina no es sencilla, pero esto no debería sorprender si se tiene en cuenta que el hombre no es un ser sencillo. Pretende reflejar unos hechos y unas exigencias racionales, sin suprimir lo que de misterioso hay en el hombre, que no es poco: recoge lo dado por la experiencia y lo exigido por el rigor intelectual, rehuyendo simplificar la complejidad de la existencia humana.

La experiencia y el razonamiento muestran que en el hombre existen dimensiones materiales y espirituales, y que ambas se dan en una única persona. El hombre no consta de dos substancias yuxtapuestas que actúan entre sí: el hombre es una única substancia, y esto queda reflejado en el hilemorfismo al afirmar que la

25. Cfr. Karl R. POPPER, "Natural Selection and the Emergence of Mind", en: G. RADNITZKY - W. W. BARTLEY III (editores), *Evolutionary Epistemology, Rationality, and the Sociology of Knowledge*, Open Court, La Salle (Illinois) 1987, pp. 139-155.

26. Karl R. POPPER - John C. ECCLES, *El yo y su cerebro*, Labor, Barcelona 1980, p. 622.

27. *Ibid.*

unión entre alma y cuerpo es como la de la forma con la materia. Forma y materia no son entidades completas. Lo espiritual exige un sujeto, el alma, pero ésta no es un sujeto completo que venga a añadirse al cuerpo: como forma de la materia, el alma expresa el modo de ser característico de la persona. Por otra parte, las dimensiones espirituales no pueden derivar de la materia; por tanto, es necesaria la creación divina del alma que, aunque es forma de la materia, por su espiritualidad no depende de ella, y subsiste una vez que la disgregación de la materia provoca la muerte. De acuerdo con esta perspectiva, no se da propiamente interacción entre el alma y el cuerpo, puesto que alma y cuerpo constituyen una única substancia.

32.3. *La naturaleza en la vida humana*

El hombre es una síntesis del mundo material y del espiritual. Se encuentra por encima del resto del mundo físico. Participa de lo físico, que está inscrito en su naturaleza como parte constitutiva, pero no se agota en las dimensiones físicas. Tiene la capacidad de conocer y dominar el mundo.

La cosmovisión teocéntrica contempla al hombre como criatura de Dios, hecho por Dios a su imagen y semejanza, colocado por encima del resto de la naturaleza que le sirve para alcanzar su fin. Este *antropocentrismo* resulta coherente con la cosmovisión científica actual, e incluso puede decirse que los conocimientos actuales responden mejor a la perspectiva antropocéntrica que la cosmovisión antigua.

De acuerdo con la cosmovisión actual, la naturaleza se nos manifiesta como el despliegue de un dinamismo propio que se organiza de acuerdo con pautas. Los procesos naturales se desarrollan de modo direccional y selectivo, aunque la actualización de las potencialidades naturales dependa de factores aleatorios. Los sistemas naturales poseen características holísticas. Tanto la formación de los sistemas singulares como del sistema total de la naturaleza es posible por la cooperatividad de los dinamismos particulares. La naturaleza posee una fuerte unidad que se manifiesta en la continuidad de sus niveles y en la integración de los niveles más básicos en los niveles de mayor organización.

Esta cosmovisión no tiene, por sí misma, implicaciones metafísicas. Sin embargo, proporciona una base muy adecuada para la reflexión ontológica y metafísica que conduce a replantear las cuestiones clásicas acerca de la trascendencia y de la persona humana.

En esta perspectiva, el hombre aparece como la culminación de la naturaleza. Su existencia es posible porque la naturaleza posee unas características altamente específicas. La actividad científica y tecnológica manifiesta de modo especialmente patente el lugar central del hombre en la naturaleza. El análisis de las condiciones de posibilidad de la ciencia muestra que la persona humana posee unas características peculiares que representan una síntesis de lo material y lo espiritual.

El descentramiento físico de la Tierra en el conjunto del universo no debilita el lugar central que la persona ocupa en la naturaleza. En realidad, se trata de una cuestión secundaria. Incluso es posible pensar que la inmensidad del universo que conocemos sea necesaria para que se haya formado la Tierra, con sus condiciones altamente específicas que hacen posible la vida humana.

El posible origen del organismo humano a partir de vivientes inferiores tampoco supone una dificultad para afirmar la singularidad humana, cuyas características espirituales resultan patentes. Las teorías de la evolución sólo pueden ser utilizadas en favor del naturalismo si se distorsiona su alcance, utilizándolas para resolver problemas que, en realidad, se encuentran fuera del alcance del método experimental.

La hipotética existencia de otros seres inteligentes en el universo no contradice las afirmaciones anteriores, puesto que sólo nos referimos a la centralidad de la persona humana con respecto a la naturaleza material, y esto resulta compatible con la existencia de otros seres que también se encontrasen en una relación semejante en relación con la naturaleza. Por el momento, es muy poco lo que se puede decir acerca de la existencia de vida e inteligencia en otros lugares del universo. Algunos afirman que es muy probable, y otros consideran altamente improbable que exista vida en condiciones diferentes a las que conocemos. Por ejemplo, Roman Smoluchowski, del Consejo de Ciencias del Espacio de los Estados Unidos, ha escrito: “Todavía no se ha contestado de manera decisiva a la pregunta de si podrían existir otras formas de vida bajo otras condiciones, pero la respuesta probablemente será negativa”[28]. Por otra parte, la posible existencia de vida en otros lugares resaltaría más todavía el carácter específico y singular de la naturaleza, ya que sería necesario que existieran unas tendencias claramente definidas que condujeran, en diferentes lugares, al fenómeno tan enormemente sofisticado y específico que es la vida.

La actividad humana, que tiene su más alta manifestación en la conducta ética, incluye como elementos fundamentales las dimensiones materiales que le sitúan en la naturaleza, y ha de contar con ellos para su plena realización. La naturaleza hace posible la existencia humana y el desarrollo de sus virtualidades. La persona humana, como síntesis de lo material y lo espiritual, ocupa un lugar especial en la naturaleza. Participa del carácter personal propio del Dios autor de la naturaleza, con el cual tiene una relación única, de carácter personal. Si toda la naturaleza responde a un despliegue de los efectos de la acción divina, ese despliegue adquiere matices únicos en el caso del hombre, cuya relación con el resto de la naturaleza puede ser contemplada en continuidad con la acción divina: la perspectiva teológica contempla a la persona humana como desarrollando una tarea que Dios le ha encomendado en el mundo, y en esa tarea la naturaleza desempeña un lugar central.

28. Roman SMOLUCHOWSKI, *El sistema solar*, Prensa científica-Labor, Barcelona 1986, p. 50.

33. Naturaleza y dios

El estudio filosófico de la naturaleza quedaría incompleto si no se considerase el problema de su fundamento radical. La explicación radical de la naturaleza se encuentra entre los problemas centrales de la filosofía en todas las épocas, y continúa siendo objeto de la mayor atención en la actualidad. La pregunta básica que se plantea es la siguiente: ¿Es la naturaleza auto-suficiente?, ¿se explica completamente por sí misma?, o por el contrario, ¿debe admitirse la existencia de un fundamento que la trasciende y que explica, en último término, su ser y su actividad?

El examen detallado de estas cuestiones corresponde a la teología natural y exige un tratamiento sistemático. Aquí nos limitaremos a poner de relieve que la cosmovisión científica actual, y la reflexión filosófica sobre ella, proporcionan elementos que pueden resultar útiles para los argumentos de la teología natural.

33.1. *Ciencia y trascendencia*

Las ciencias y la teología natural adoptan enfoques diferentes. Sin embargo, es posible integrarlas, con tal que se respete su diversidad y se adopte la perspectiva exigida por cada tipo de problemas.

Cada disciplina científica adopta una perspectiva particular, que puede ser denominada una *objetivación*, porque se refiere a un modo de construir y estudiar su objeto propio: se realiza un *corte* en la realidad, mediante el cual se centra el estudio en algunos aspectos particulares. Obviamente, cualquier *objetivación* de este tipo tiene un carácter histórico, pues depende de los conceptos e instrumentos disponibles en cada momento[29]. De este modo se consigue la *intersubjetividad* científica, que supone la adopción de definiciones y criterios operacionales que, en parte, tienen un carácter convencional. Ese modo de operar permite alcanzar una verdad que es contextual y parcial, pero auténtica.

Dado que cada disciplina científica opera dentro de una objetivación particular, el método científico deja abierta la posibilidad de un estudio dirigido hacia las condiciones radicales del ser. Cualquiera que sea la posición metafísica que se adopte, es forzoso reconocer que siempre *existe un salto metodológico entre las perspectivas científica y metafísica*.

Sin embargo, también se afirma con frecuencia que ambas perspectivas deben relacionarse mediante un diálogo, y que la ciencia conduce hasta *cuestiones fronterizas* con la teología. Se trataría de "cuestiones que *surgen de la ciencia* y

29. Los aspectos epistemológicos de este problema están tratados con amplitud en: Mariano Artigas, *Filosofía de la ciencia experimental. La objetividad y la verdad en las ciencias*, cit.

que exigen insistentemente una respuesta, pero que, por su naturaleza, trascienden las competencias de la ciencia"[30].

Esos problemas pueden surgir de dos maneras. La primera se refiere a problemas científicos que provocan interrogantes metafísicos en los sujetos que los estudian; se comprende que esto suceda, pero sólo afectará al científico como persona individual. En cambio, la segunda se refiere a los *supuestos generales* de la ciencia y a las *implicaciones* de sus logros; estos problemas son mejores candidatos para ser cuestiones fronterizas. Puede mencionarse en este contexto, sobre todo, la *inteligibilidad* de la naturaleza, su *racionalidad*, como un buen candidato a ser una cuestión fronteriza: se trata de una parte importante de los supuestos de la actividad científica, que no podría existir ni tendría sentido si esos supuestos no fuesen ciertos. Sin duda, existe un largo camino desde la admisión implícita de estos supuestos por parte de los científicos hasta su articulación filosófica. Pero se trata de cuestiones que pueden estudiarse de modo objetivo y que señalan puntos importantes de confluencia entre la actividad científica y las ideas metafísicas[31].

En cualquier caso, la afirmación de Dios y de un plan divino que gobierna la naturaleza, sobrepasa el nivel propio de las ciencias y remite a razonamientos metafísicos. Pero, por el mismo motivo, no es legítimo negar la existencia del plan divino en nombre de las ciencias. Las ciencias no permiten afirmar ni negar que exista un plan divino acerca de la naturaleza, porque se trata de algo que cae fuera de su método: las ciencias proporcionan conocimientos acerca de las manifestaciones de las dimensiones ontológicas y metafísicas de la naturaleza, pero el estudio explícito de esas dimensiones requiere la adopción de una perspectiva propiamente filosófica. De hecho, entre los científicos se encuentran todo tipo de posiciones filosóficas y teológicas, lo cual muestra que esas posiciones no están determinadas únicamente por la ciencia[32].

Las posibles actitudes ante Dios como explicación última del universo son básicamente cinco: el ateísmo, el agnosticismo, el panteísmo, el deísmo y el teísmo. Pero las cuatro primeras plantean dificultades notables. Esto se advierte fácilmente en el caso del ateísmo, ya que no existen ni pueden existir pruebas de la no existencia de Dios. La renuncia del agnosticismo es, como mínimo, poco coherente con el espíritu científico y racional que nos lleva a buscar explicaciones de todo lo que existe, aunque nuestras respuestas sean siempre limitadas y parciales. El deísmo da razón de la existencia del universo, pero no resulta coherente

30. John C. POLKINGHORNE, "A Revived Natural Theology", en: J. FENNEMA - I. PAUL (editores), *Science and Religion. One World: Changing Perspectives on Reality*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht 1990, p. 88.

31. Se encuentra un amplio estudio de estos temas en: Mariano ARTIGAS, *The Mind of the Universe* (Templeton Foundation Press: en prensa).

32. Esta diversidad queda reflejada, por ejemplo, en: Henry MARGENAU - Roy Abraham VARGHESE (editores), *Cosmos, Bios, Theos: Scentists Reflect on Science, God, and the Origins of Universe, Life and Homo*, Open Court, Peru (Illinois) 1992.

afirmar que un Dios infinitamente bueno, poderoso e inteligente da la existencia al universo y luego lo abandona a su propia suerte. Y el panteísmo pretende responder a los interrogantes últimos que nos planteamos ante el universo, pero, aunque admitamos la presencia activa de Dios en todo el universo, no es posible identificar a Dios con ninguna criatura ni con todas en su conjunto, porque todas las dimensiones de las criaturas son limitadas y, por tanto, no pueden identificarse con algo divino en sentido estricto.

Por tanto, el teísmo aparece como la única opción rigurosa para quien no renuncia a buscar una explicación del universo. Ni el universo en su conjunto ni sus aspectos parciales pueden ser identificados con algo propiamente divino. Sin embargo, la racionalidad del universo sugiere fuertemente su conexión con la inteligencia divina. No pretendemos afirmar que la ciencia experimental demuestre la existencia de Dios: la ciencia experimental, por sí misma, no permite afirmar ni negar la existencia de Dios. Pero una reflexión rigurosa sobre los logros de la ciencia proporciona una base muy adecuada para llegar hasta Dios como fundamento radical de la naturaleza.

La cosmovisión científica contemporánea puede ser relacionada fácilmente, sobre todo, con el argumento teleológico que prueba la existencia de Dios y su providencia sobre el mundo a partir de la finalidad natural. Por este motivo, examinaremos a continuación algunos aspectos del argumento teleológico.

33.2. *Teleología y trascendencia*

La cosmovisión actual subraya la existencia de dimensiones finalistas en la naturaleza, y amplía, por tanto, la base del argumento teleológico.

a) *El argumento teleológico*

Entre las pruebas de la existencia de Dios, el argumento teleológico ocupa un lugar destacado a lo largo de la historia y también en la actualidad. Fue articulado con especial vigor por Tomás de Aquino, quien utilizó las ideas de Aristóteles pero las situó en un nuevo contexto. A lo largo de su obra propuso diferentes formulaciones del argumento, entre las cuales destaca la *quinta vía* para demostrar la existencia de Dios.

Este es el texto de la quinta vía: “La quinta vía se toma del gobierno del mundo. Vemos, en efecto, que algunas cosas que carecen de conocimiento, concretamente los cuerpos naturales, obran por un fin: lo cual se pone de manifiesto porque siempre o muy frecuentemente obran de la misma manera para conseguir lo mejor; de donde es patente que llegan al fin no por azar, sino intencionadamente. Pero los seres que no tienen conocimiento no tienden al fin sino dirigidos por algún ser cognoscente e inteligente, como la flecha es dirigida por el arquero.

Luego existe un ser inteligente por el cual todas las cosas naturales se ordenan al fin: y a este ser le llamamos Dios"[33].

La quinta vía y otros textos paralelos de la obra de Tomás de Aquino han sido objeto de numerosos estudios[34]. Ahora centraremos nuestra atención en algunos aspectos que tienen especial relevancia para precisar su significado y su valor.

El argumento se refiere a los *cuerpos naturales* (*corpora naturalia*), que *carecen de conocimiento*. Incluye, por tanto, toda la actividad natural que se despliega independientemente del conocimiento: la de los seres no vivientes, y también la actividad de los vivientes que no depende del conocimiento (la actividad orgánica, con todas sus funciones).

Se afirma que los cuerpos naturales obran de la misma manera «siempre o casi siempre» (*semper aut frequentius*). Se trata de una afirmación extraída de la experiencia ordinaria y, bajo esa perspectiva, no ofrece dificultad: es verdadera, tanto en el ámbito de los vivientes como de los demás entes naturales. Tomás de Aquino se limita al conocimiento ordinario, pero su afirmación puede extenderse, sin dificultad, a la naturaleza tal como aparece ante la cosmovisión científica actual.

La constancia en el modo de obrar manifiesta que la actividad natural corresponde a *tendencias* que surgen de la naturaleza de los cuerpos. La regularidad de la actividad natural permite afirmar su carácter finalista: se excluye que los cuerpos naturales alcancen su fin por *azar*, porque lo alcanzan obrando de la misma manera siempre o casi siempre, y los efectos del azar no son regulares. El dinamismo natural es *tendencial*, y las tendencias se dirigen hacia la consecución de un *fin* que viene identificado con un *bien*.

La referencia al *bien* es el punto central del argumento. Se afirma que los cuerpos naturales obran en vistas a un fin (*operantur propter finem*), llegan al fin (*perveniunt ad finem*), y tienden hacia el fin (*tendunt in finem*), y que ese fin es algo *óptimo*. Esta referencia no sólo al bien, sino a lo óptimo, es fundamental: sin ella, el argumento no permitiría afirmar la existencia de Dios. La cosmovisión actual proporciona nuevas bases para comprobar el valor de la actividad natural y de sus resultados: en efecto, permite conocer con detalle la perfección de los mecanismos naturales en los individuos, y la organización de la naturaleza en diferentes niveles cooperativos que hacen posible la existencia humana.

33. Tomás DE AQUINO, *Suma Teológica* , I, q. 2, a. 3, c.

34. Puede verse, por ejemplo: M. ARTIGAS, "Ciencia, finalidad y existencia de Dios", *Scripta Theologica*, 17 (1985), pp. 151-189; M. DUQUESNE, "De quinta via: La preuve de Dieu par le gouvernement des choses", *Doctor Communis*, 18 (1965), pp. 71-92; S. KOWALCZYK, "L'argument de la finalité chez Saint Thomas d'Aquin", *Divus Thomas* (Piazenza), 78 (1975), pp. 41-68; P. PARENTE, "La quinta via di S. Tommaso", *Doctor Communis*, 7 (1954), pp. 110-130; F. van STEENBERGHEN, "La cinquième voie, «ex gubernatione rerum»", en: L. ELDERS (editor), *Quinque sunt viae*, Libreria Editrice Vaticana, Città del Vaticano 1980, pp. 84-108; L. Vicente BURGOA, *El problema de la finalidad*, Universidad Complutense, Madrid 1981.

Nos encontramos, por tanto, ante una actividad natural altamente direccional y racional, llevada a cabo por seres que carecen de conocimiento. Los cuerpos naturales no pueden tener esa direccionalidad por sí mismos, pues carecen de inteligencia. De ahí que sea preciso recurrir a una inteligencia capaz de dar razón de las tendencias naturales y de su ordenación hacia el bien. Por consiguiente, debe tratarse de una inteligencia que supera completamente a la naturaleza; más aún, de una inteligencia que ha previsto el modo de ser de lo natural y las tendencias que de él derivan: y sólo un Dios personal creador puede dar a lo natural su ser y su modo de ser.

En efecto, la inteligencia ordenadora corresponde al Ser que ordena *todas las cosas* naturales hacia su fin (*a quo omnes res naturales ordinantur in finem*). Debe tratarse, pues, no sólo de un ser diferente de la naturaleza, sino precisamente del Ser que es el autor de la naturaleza, porque sólo ese Ser puede producir unas tendencias que se encuentran inscritas en el interior de los cuerpos naturales. No basta, por tanto, recurrir a un ser que ordene los cuerpos «desde fuera», imprimiéndoles algún tipo de movimiento: llegamos al Dios personal creador.

Parece posible afirmar que la quinta vía mantiene su valor en la actualidad, porque todos los aspectos que hemos mencionado son coherentes con la cosmovisión científica actual. Incluso puede decirse que el progreso científico amplía notablemente el ámbito de los hechos que sirven de base a las consideraciones contenidas en la quinta vía. En ese sentido, la quinta vía viene reforzada por ese progreso.

La quinta vía se centra en la finalidad *individual*, propia de cada cuerpo. Otras formulaciones tomistas del argumento teleológico subrayan la *cooperación* de agentes diferentes hacia un mismo fin: el *orden de la naturaleza en su conjunto*[35]. El núcleo del argumento es el mismo, tanto si se centra la atención en los aspectos individuales como en los cooperativos. Pero, en relación a los conocimientos científicos, tiene una gran fuerza la consideración del *orden cooperativo*, que ocupa un lugar central en la cosmovisión actual.

Algunas firmulaciones tomistas del argumento teleológico son mucho más extensas que la quinta vía e incluyen análisis filosóficos detallados acerca de la finalidad natural que también son plenamente actuales. Por ejemplo, Tomás de Aquino alude a quienes pretenden explicar la naturaleza recurriendo sólo a la *causa material* y a la *causa agente*, y señala que esas causas intervienen en la producción de los efectos, pero son insuficientes para explicar su *bondad*[36].

Es interesante subrayar por qué, en la argumentación tomista, se juzgan *insuficientes* las explicaciones que *únicamente* recurren a la necesidad y al azar. El

35. Cfr. Tomás de Aquino, *Suma contra los gentiles*, I, c. 13; III, c. 64; *De potentia*, q. 3, a. 6, c.; *Comentario a la Metafísica de Aristóteles*, libro XII, capítulo 10, lectio 12; *Comentario al evangelio de San Juan*, prólogo; *Comentario al Símbolo de los Apóstoles*, artículo 1.

36. Cfr. Tomás de Aquino, *De veritate*, q. 5, a. 2.

motivo es diferente en los dos casos. Por lo que se refiere a las causas material y agente, a estas causas les corresponde una cierta *necesidad*; por tanto, permiten comprender que la actividad de los cuerpos se realice de un *modo constante*, pero no explican que se consiga un *resultado óptimo*: la causa material y agente *son ciegas con respecto a la bondad del resultado*. Por lo que se refiere al azar, se afirma que el azar no explica que la actividad de los cuerpos se realice de un *modo constante*: el azar *es ciego con respecto a la constancia de la actuación*. Por fin, tampoco se consigue una explicación suficiente recurriendo a la *combinación de necesidad y azar*; en efecto, aunque se admita que esa combinación puede explicar parcialmente la formación de la naturaleza, resulta insuficiente para explicar *la perfección de la naturaleza* y, además, no explica su *fundamento radical*, ya que siempre remite a situaciones físicas anteriores[37].

En definitiva, *la finalidad natural, que consiste en una tendencia habitual hacia algo óptimo, postula una inteligencia*: relacionar, dirigir, ordenar hacia un objetivo óptimo que se alcanza de modo habitual, son operaciones propias de una inteligencia. Y, si se tiene en cuenta que esa dirección afecta a las *tendencias naturales* y, por tanto, al *modo de ser* de lo natural, resulta lógico afirmar la existencia del Dios personal creador. La cosmovisión actual proporciona al argumento teleológico una base que es más compleja que la proporcionada por la experiencia ordinaria, pero la supera ampliamente en profundidad y precisión.

b) *Naturaleza y providencia*

La causa final actúa de dos maneras. Por una parte, como *objetivo* previsto por el agente, y por otra, como *tendencia* hacia un objetivo determinado. Todos los seres tienen tendencias, que responden a su modo de ser, pero sólo los agentes intelectuales pueden proponerse objetivos de modo consciente y libre.

En la primera parte del argumento teleológico se afirma que los seres naturales que carecen de conocimiento poseen unas tendencias constantes cuya actualización produce resultados óptimos, y que la constancia de las tendencias muestra que esos seres no actúan por azar, sino de acuerdo con la necesidad característica de las causas agentes. Luego se añade que la producción de resultados óptimos muestra que esos resultados son un objetivo previsto por un agente intelectual. Por tanto, *hay una doble referencia al azar*: se niega que las tendencias naturales respondan al azar, y también se niega que la bondad de los resultados pueda deberse exclusivamente a la confluencia azarosa de causas necesarias. Esa doble referencia corresponde a los *dos niveles de la finalidad*. En consecuencia, cuando se niega la finalidad natural, hay que precisar a qué aspecto se refiere esa negación, o

37. Por curioso que pueda parecer al lector moderno, esa posibilidad, sobre la cual se insiste en nuestra época a propósito del evolucionismo, fue contemplada expresamente por Tomás de Aquino, que se limitó a recoger lo que acerca de esta cuestión había dicho Aristóteles muchos siglos antes: cfr. Tomás de Aquino, *Comentario a la Física de Aristóteles*, libro II, capítulo 8, lectio 12.

sea, si se niega que existan *tendencias naturales*, o que exista una *finalidad superior* que se relaciona con el gobierno divino de la naturaleza.

Si se niega que existan *tendencias*, hay que enfrentarse no sólo con la evidencia propia de la experiencia ordinaria, sino con los logros del progreso científico, que subrayan ampliamente la existencia de direccionalidad en la naturaleza.

Con frecuencia, no se niega que existan tendencias particulares en la naturaleza, sino que exista *una tendencia global* en la evolución. Se afirma que la evolución procede por «zigzags» oportunistas, de un modo que se parece más a un *bricolage* que a un plan premeditado. En esas condiciones, ¿cómo podría hablarse todavía de un plan divino?

Sin embargo, esta dificultad desaparece cuando se advierte que el plan divino no implica una evolución rectilínea, siempre progresiva, sin accidentes: es más lógico suponer que Dios cuenta con la complejidad propia de las causas naturales para realizar su plan. *La existencia de un plan divino es plenamente congruente con el carácter complejo de la evolución*. Más aún: la complejidad del universo adquiere así un nuevo relieve. Puede comprenderse, por ejemplo, que quizás Dios haya querido que existan millones de galaxias *para que* puedan existir la Tierra y el hombre. En efecto, las teorías cosmológicas actuales afirman que los átomos más pesados se han producido en el interior de las estrellas, y ha podido ser preciso que esto haya sucedido muchos millones de veces para que, finalmente, se haya producido un solo planeta con las características concretas de la Tierra. La existencia de millones de galaxias y estrellas, que de otro modo parecería innecesaria, podría resultar necesaria para que, *mediante procesos naturales*, haya llegado a ser posible la vida humana.

Entre la acción divina y la actividad de la naturaleza no existe una simple armonía. Si la actividad natural responde al plan divino, deberá afirmarse que Dios no sólo la respeta, sino que la quiere positivamente, aunque Dios también puede producir efectos que sobrepasen el curso ordinario de la naturaleza. Por tanto, resulta congruente que el plan divino cuente con el despliegue del dinamismo natural. Bajo esta perspectiva se comprende, por ejemplo, que el plan divino sea compatible con un despliegue zigzagueante del dinamismo natural que puede producir resultados no destinados a sobrevivir, y con la existencia de mecanismos en los que se combinan la necesidad y el azar, la variación y la adaptación. La afirmación del plan divino no equivale a afirmar que todo lo que sucede en la naturaleza sea bueno *bajo cualquier punto de vista*.

La existencia de un *plan superior* permite comprender en profundidad la existencia de la naturaleza. Sin duda, implica un cierto misterio, pero se trata del misterio que lógicamente encontramos ante lo divino. Por el contrario, si se niega la existencia del plan divino, la naturaleza queda envuelta en un *misterio irracional*, y existe un serio peligro de absolutizar las explicaciones parciales proporcionadas por las ciencias.

c) *El mal en la naturaleza*

La principal dificultad que puede plantearse frente al argumento teleológico es *la existencia del mal*. Tomás de Aquino dedicó gran atención a este problema a lo largo de toda su obra. En la *Suma Teológica*, al exponer las cinco vías, sintetizó su respuesta en pocas palabras: Dios permite el mal en vistas a salvaguardar bienes mayores. Esta idea se aplica a dos casos diferentes: el mal *moral*, debido al mal uso de la libertad por parte de la persona humana, y el mal *físico*, que es el que propiamente se relaciona con la finalidad natural.

En el caso del *mal moral*, que es el pecado, y es el mal en sentido radical, no es fácil explicar cómo podría compaginarse su eliminación con la libertad humana. Por tanto, se puede comprender que Dios lo permita, porque la posibilidad del mal moral responde a la existencia de la libertad humana, que es un bien todavía superior.

El *mal físico*, al que propiamente se refiere el argumento teleológico, puede justificarse de dos maneras. En primer lugar, teniendo en cuenta que se trata sólo de un mal relativo que puede ordenarse a un bien superior, que es el bien espiritual. Y en segundo lugar, advirtiendo que los males físicos particulares pueden quedar integrados en bienes superiores incluso en el orden físico. La existencia del mal físico no se opone a la bondad divina: parece inevitable que existan conflictos entre diferentes bienes particulares, pero esos conflictos pueden resultar integrados en un bien superior.

Tomás de Aquino afirma que el mundo no sólo es bueno, sino *muy bueno*. Esta afirmación se encuentra, en parte, relacionada con una cosmovisión superada, según la cual incluso los movimientos de los cuerpos físicos podrían considerarse buenos porque se relacionan con su lugar natural, que determina un orden en la estructura del universo. Pero la idea fundamental sigue siendo actual. Tomás de Aquino afirma que la *intención* (*intentio*) de todo lo que se mueve, es una *tendencia* hacia un *acto* o perfección, y añade: “En los actos de las formas se encuentran grados. En efecto, la materia primera está primeramente en potencia respecto a la forma del elemento. Pero existiendo bajo la forma del elemento, está en potencia hacia la forma del mixto, por lo cual los elementos son la materia del mixto. Considerada bajo la forma del mixto, está en potencia hacia el alma vegetativa, ya que el alma es el acto de un cuerpo de ese tipo. Además, el alma vegetativa está en potencia hacia la sensitiva, y la sensitiva hacia la intelectiva... Pero después de esta forma no se encuentra en lo generable y corruptible una forma posterior y más digna. Por tanto, *el último fin de toda generación es el alma humana, y hacia ella tiende la materia como hacia la última forma*. En consecuencia, los elementos existen a causa de los cuerpos mixtos; éstos a causa de los vivientes; entre los cuales, las plantas a causa de los animales, y los animales a causa del hombre. Por tanto, *el hombre es el fin de toda generación*”[38].

38. Tomás de Aquino, *Suma contra los gentiles*, III, c. 22.

Este texto muestra qué entiende Tomás de Aquino cuando afirma que los cuerpos naturales "siempre o muy frecuentemente obran de la misma manera para conseguir *lo mejor*". Se trata de un punto de vista plenamente actual. Las entidades naturales se encuentran en niveles jerarquizados. Su actividad consiste en el desarrollo de capacidades direccionales, que corresponden a su modo de ser propio. El despliegue de esas capacidades hace posible la existencia de niveles de mayor organización, y finalmente, la existencia del hombre. En definitiva, la actividad tendencial de las entidades naturales hace posible la existencia de la persona humana.

Tomás de Aquino afirma expresamente que Dios ha creado el universo para el hombre. Recuerda que puede hablarse de la finalidad en dos sentidos: como *tendencia natural*, o como *plan* de un agente inteligente, y afirma que el hombre es el fin de las criaturas en los dos sentidos [39].

Para afirmar que Dios ha creado el universo en vistas al hombre es preciso recurrir a razonamientos que trascienden el ámbito del argumento teleológico. Pero esa afirmación resulta plenamente congruente con la existencia, en todos los niveles de la naturaleza, de tendencias naturales cooperativas que hacen posible la vida humana. Desde esta perspectiva, la aplicación de la noción de *bien* a la naturaleza implica un *antropocentrismo* legítimo, que refleja el puesto central del hombre en el cosmos.

33.3. *La inteligibilidad de la naturaleza*

La naturaleza resulta parcialmente inteligible cuando se la contempla a la luz de los conocimientos proporcionados por la experiencia ordinaria y por las ciencias. Pero adquiere su sentido pleno cuando contemplamos el sistema de la naturaleza a la luz de su fundamento radical y de la vida humana.

a) *Inteligencia inconsciente*

Desde la perspectiva finalista, la actividad de la naturaleza aparece como obra de una «inteligencia inconsciente»: la naturaleza no delibera, pero actúa como si realmente poseyera una capacidad racional.

La expresión «inteligencia inconsciente», si se la interpreta literalmente, es contradictoria, porque contiene dos términos incompatibles. Por tanto, sólo puede ser utilizada como una metáfora. Pero la metáfora tiene una base real [40]: las

39. Cfr. Tomás DE AQUINO, *Comentario a las Sentencias*, libro II, distinción I, cuestión II, artículo III, cuerpo.

40. "Tomada de manera literal, la fórmula *inteligencia sin conciencia* es una contradicción, un puro absurdo, y, sin embargo, tiene un cierto sentido si se la toma como una metáfora. Lo que así entendida significa es la capacidad de ajustar el comportamiento a un cierto fin, a pesar de no tener de él ninguna idea,

operaciones de la naturaleza son direccionales y, además, cooperan en la producción de resultados que, en muchos aspectos, sobrepasan ampliamente lo que puede conseguirse mediante la tecnología más sofisticada. En ese sentido, la naturaleza sobrepasa a la razón humana que, por otra parte, sólo puede producir artefactos en la medida en que conoce y utiliza las leyes naturales.

A veces se intenta explicar la naturaleza tomando en cuenta exclusivamente su composición y sus leyes: el orden sería el resultado de combinaciones aleatorias de procesos, y la finalidad sería sólo aparente. Bajo esta perspectiva, y partiendo de la oposición entre el azar y la finalidad, cuanto más se acentúa la función del azar queda menos espacio para la finalidad. Sin embargo, *la oposición entre azar y finalidad no es absoluta*, porque *el azar exige la finalidad*. En efecto, ni siquiera podría hablarse de azar si no existiera una direccionalidad, como tampoco tendría sentido hablar de desorden si no existiese ningún tipo de orden.

Las críticas contra la teleología suelen suponer que existe una contradicción absoluta entre el azar y la finalidad; en consecuencia, las explicaciones en las que interviene el azar se valoran como argumentos contra la finalidad. Pero no existe tal contradicción absoluta entre azar y finalidad. Al afirmar la finalidad, no pretendemos afirmar que no exista ningún tipo de azar. Simplemente subrayamos que *el azar y, en general, cualquier combinación de fuerzas «ciegas», no puede ser considerado como una explicación total*.

Por ejemplo, para explicar el origen de una frase que tiene sentido en un determinado lenguaje, no basta probar que existe alguna probabilidad de que se haya producido mediante combinaciones de letras al azar: si no existe previamente un lenguaje, con su alfabeto, su diccionario y sus reglas gramaticales, ninguna combinación de letras podrá formar términos con significado. *En el origen tiene que haber inteligencia*. Esto es igualmente válido con respecto a la naturaleza. La afirmación de la finalidad equivale a afirmar que la inteligibilidad de la naturaleza se fundamenta, en último término, en una actividad inteligente. La inteligencia inconsciente debe basarse en una inteligencia consciente.

b) *La naturaleza bajo la perspectiva metafísica*

Al comentar las ideas de Aristóteles sobre la finalidad natural, Tomás de Aquino propuso una especie de definición de la naturaleza, contemplada desde su fundamento metafísico radical, que es muy original y aventaja en profundidad a

es decir, *como si* la idea correspondiente estuviera siendo conocida por el ser que así actúa. Tomada de esta manera, se trataría de una capacidad que puede ser afirmada sin incurrir en ningún antropomorfismo, ya que no implica la identidad absoluta del comportamiento humano y el no humano, sino tan sólo una analogía entre los dos... Todo el ser del apetecer es la tensión hacia un fin, con conciencia o sin ella. Y eso es lo que en griego se designa con el término *orexis*, de donde viene el adjetivo *oréctico*, utilizado en la terminología contemporánea como sinónimo de lo que también puede llamarse *tendencial*, es decir, concerniente o relativo a la tendencia": A. MILLÁN-PUELLES, *Léxico filosófico*, Rialp, Madrid 1984, p. 452.

las ideas de Aristóteles, además de ser sorprendentemente coherente con la cosmovisión actual. Dice así: "la naturaleza es, precisamente, el plan de un cierto arte (concretamente, el arte divino), impreso en las cosas, por el cual las cosas mismas se mueven hacia un fin determinado: como si el artífice que fabrica una nave pudiera otorgar a los leños que se moviesen por sí mismos para formar la estructura de la nave"[41].

Tres aspectos de esta «definición» merecen una atención especial: la racionalidad de la naturaleza, su conexión con el plan divino, y el énfasis que se pone en la auto-organización.

En primer lugar, se subraya *la racionalidad de la naturaleza* al identificar la naturaleza con el *plan de un arte* (en el original latino, *ratio cuiusdam artis*). De hecho, el progreso científico pone de manifiesto, hasta extremos antes insospechados, la eficiencia y sutileza de la naturaleza. El éxito de la ciencia amplía cada vez más nuestro conocimiento de la racionalidad de la naturaleza. Aunque los productos de la tecnología superen en algunos aspectos a la naturaleza, siempre se basan en los materiales y las leyes que la naturaleza pone a nuestra disposición; y, desde luego, la naturaleza siempre nos aventaja, a gran distancia, en muchos aspectos de gran importancia.

En segundo lugar, *la conexión de la naturaleza con el plan divino* expresa el fundamento radical de la racionalidad de la naturaleza: es una manifestación del *plan divino*; por tanto, de un plan sumamente sabio. Además, la acción divina no se limita a dirigir desde fuera la actividad natural: *el plan divino se encuentra inscrito en las cosas* (se dice en el original latino: *ratio cuiusdam artis, scilicet divinae, indita rebus*). Lo natural posee modos de ser, con las correspondientes tendencias, que conducen hacia resultados óptimos. Se comprende, por tanto, que no existe oposición entre la acción natural y el plan divino; por el contrario, el plan divino incluye el dinamismo tendencial de lo natural y se realiza a través de su actualización.

En tercer lugar, se alude a *la auto-organización* como una característica básica de la naturaleza. El ejemplo es muy gráfico: como si se pudiera otorgar a los trozos de madera que se moviesen por sí mismos para construir una nave. Esa idea corresponde, de un modo que no podía sospecharse cuando fue escrita hace más de siete siglos, a los conocimientos actuales acerca de la auto-organización de la naturaleza, que implica, además, un gran nivel de *cooperatividad* entre sus componentes, sus leyes, y los diferentes sistemas que se producen en los sucesivos niveles de organización. Queda subrayada, de este modo, la *direccionalidad* de la naturaleza, también en su aspecto sinergético, y se insinúa la *emergencia* de nuevos sistemas y propiedades como resultado de la acción sinergética o cooperativa.

Por otra parte, también merecen especial atención las *implicaciones* de la catacterización tomista de la naturaleza. En efecto, se pone de manifiesto *el valor po-*

41. Tomás de Aquino, *Comentario a la Física de Aristóteles*, libro II, capítulo 8, lectio 14.

sitivo de la naturaleza como resultado del plan divino. Se explica también *la articulación de la necesidad y la contingencia* porque, de una parte, la naturaleza es contingente por ser el resultado de la acción libre de Dios, y de otra, posee una fuerte consistencia de acuerdo con el modo de ser que Dios ha inscrito en lo natural. Asimismo, se pone de relieve *la articulación entre la unidad y la multiplicidad*, porque la perfección del universo se consigue a través de la cooperación de sus componentes y, en último término, se ordena hacia la vida humana, ya que la naturaleza constituye el ámbito que hace posible la existencia de la persona humana y el desarrollo de sus capacidades. Por fin, se comprende *la articulación entre el ser y el devenir*, porque Dios ha puesto en la naturaleza unas virtualidades que hacen posible su progresiva evolución, y cuenta con la cooperación del hombre, a través de su trabajo, para llevar a la naturaleza hacia un estado cada vez más perfecto.

En definitiva, la «definición» tomista expresa el núcleo de la perspectiva metafísica de la naturaleza y tiene gran importancia para determinar su valor en el contexto de la cosmovisión actual.

c) *La autonomía de la naturaleza*

Al afirmar que la naturaleza remite a un plan divino, no se minusvalora la autonomía de la naturaleza. Más bien sucede lo contrario. Es la perfección de la naturaleza lo que exige, como explicación adecuada, la existencia de un plan divino creador.

La afirmación de Dios como fundamento radical de la naturaleza coincide con la visión presocrática de la naturaleza como impregnada por algo divino, con el ascenso de Aristóteles hasta el acto puro a partir del movimiento, con el argumento teleológico basado en la direccionalidad de la naturaleza, con los argumentos de Leibniz que subrayan el dinamismo básico de lo natural y la armonía de la naturaleza, y con otros argumentos que se han propuesto en todas las épocas. Podemos afirmar que, en nuestra época, la cosmovisión científica resulta *coherente* con la existencia de un fundamento que trasciende la naturaleza. Desde luego, para que la coherencia se transforme en *prueba*, debe recurrirse al razonamiento filosófico: la naturaleza reclama un fundamento metafísico porque el dinamismo natural no es auto-suficiente y su despliegue produce resultados enormemente racionales que exigen una causa inteligente superior.

Las *fronteras entre lo físico y lo metafísico* son colocadas a veces entre la materia y la vida, a veces entre la vida y el espíritu, y a veces entre la naturaleza y el espíritu. En algunas ocasiones se niega que existan tales fronteras, porque se niega lo metafísico. *En sentido estricto, esas fronteras no existen*; pero ello no se debe a que no exista lo metafísico, sino a que *todo lo natural incluye dimensiones metafísicas*. El fundamento metafísico es necesario para explicar el origen de la naturaleza, y también lo es para explicar su dinamismo, su estructuración, y el entrelazamiento de ambos en todos los niveles.

Ante la experiencia ordinaria, el mundo aparece como un cosmos que posee dimensiones metafísicas. Las reflexiones de los presocráticos y las culturas antiguas reflejan un universo *encantado* o *mítico*, en el cual lo natural se encuentra entrelazado con lo divino. La perspectiva de la ciencia experimental *objetiva* la naturaleza y *neutraliza* sus dimensiones metafísicas. Se trata de una perspectiva legítima, siempre que no se la absolutice. Cuando se afirma que esa perspectiva agota todo lo que puede conocerse acerca de la naturaleza, se destruye la filosofía natural y, por tanto, el puente entre la naturaleza y la reflexión metafísica. Pero esa absolutización es una extrapolación ilegítima que carece de base y se aparta del rigor propio del método científico.

En la actualidad, la nueva cosmovisión científica proporciona las bases para una verdadera *re-evaluación* de la naturaleza que supere las contradicciones del cientificismo y del naturalismo. En efecto, proporciona una base muy sugerente para contemplar la naturaleza bajo una nueva luz.

Desde la perspectiva de su fundamento radical, la naturaleza se muestra como el despliegue de un dinamismo que proviene de una causa superior que lo crea, lo mantiene y lo dirige. Al hablar de *despliegue* nos referimos a los efectos de la acción divina; se trata, por tanto, de un despliegue que es plenamente coherente con la trascendencia y la inmutabilidad divinas. Esta idea corresponde a una intuición que se ha articulado de muy diferentes maneras: puede pensarse, por ejemplo, en el despliegue del absoluto hegeliano, en el *élan vital* de Bergson y en la evolución ascendente de Teilhard de Chardin. Pero la correspondencia sólo se refiere a aspectos concretos de esa intuición, y nada tiene que ver con las articulaciones que la vinculan con el panteísmo.

Podría decirse que la acción divina se despliega a través de los cauces de los dinamismos y estructuraciones naturales: hace posible la existencia y la actividad de esos cauces y, a su vez, esos cauces canalizan de modo ordinario la acción divina. Por tanto, en cierta manera, el despliegue de los efectos de la acción divina es proporcional a los cauces naturales, aunque no esté limitada a ellos de modo necesario. Dios puede actuar por encima de las leyes naturales de las cuales Él es el autor. Pero, precisamente porque es el autor de los cauces naturales, puede decirse que la acción divina no sólo los respeta, sino que se acomoda voluntariamente a ellos, sin estar realmente condicionada por esos cauces.

Esta perspectiva permite comprender cómo se compagina la autonomía de la naturaleza con la existencia de su fundamento radical. No se trata de una mera compatibilidad. La acción divina proporciona las condiciones de posibilidad del dinamismo natural y de todos sus despliegues particulares. Los cauces que canalizan el dinamismo natural poseen una consistencia propia y una inteligibilidad que es el resultado de un plan superior racional.

El despliegue del dinamismo natural es direccional. La direccionalidad de la naturaleza es real y responde a un plan, pero no se identifica con un proceso sim-

plemente lineal: el despliegue del dinamismo natural da lugar a múltiples coincidencias accidentales. En ese sentido, el azar desempeña una función real, pero esa función se encuentra integrada dentro del plan total.

La emergencia de novedades reales responde al despliegue del dinamismo natural, pero ese dinamismo incluye los efectos de la acción divina que hacen posible su existencia, su despliegue y la producción de sus resultados. La proporcionalidad entre los efectos de la acción divina y los cauces naturales se manifiesta en la gradación de la naturaleza: un mayor nivel de organización hace posible un grado más alto en el despliegue de los efectos de la acción divina.

El grado más alto de la organización natural hace posible una nueva participación en el ser que supera esencialmente al resto de las entidades naturales, porque implica un modo de ser personal. La persona humana posee unas dimensiones metafísicas únicas que, si bien trascienden la naturaleza, se compenetran con las condiciones naturales. Esta singular unidad entre el nivel natural y el metafísico, que se da en la persona humana, proporciona la clave para comprender el significado de la naturaleza como el ámbito que hace posible la existencia de la persona humana, el desarrollo de sus potencialidades y la consecución de su fin.

Bibliografía

1. Manuales

AUBERT, J.-M., *Filosofía de la naturaleza*, 6.ª ed., Herder, Barcelona 1987.

ELDERS, L., *La filosofia della natura di San Tommaso d'Aquino*, Libreria Editrice Vaticana, Città del Vaticano 1996.

HOENEN, P., *Cosmologia*, Pontificia Università Gregoriana, Roma 1956.

—, *Filosofia della natura inorganica*, La Scuola, Brescia 1949.

KOREN, H. J., *An Introduction to the Philosophy of Nature*, 3.ª ed., Duquesne University Press, Pittsburgh 1962.

MASI, R., *Cosmologia*, Desclée, Roma 1961.

PHILLIPS, R. P., *Modern Thomistic Philosophy,* vol. 1, 6.ª ed., The Newman Press, Westminster (Mar.) 1956.

SELVAGGI, F., *Filosofia del mondo. Cosmologia filosofica*, Pontificia Università Gregoriana, Roma 1985.

VAN HAGENS, B., *Filosofia della natura,* Urbaniana University Press, Roma 1988.

VAN MELSEN, A., *The Philosophy of Nature*, Duquesne University Press, Pittsburgh 1953.

VANNI ROVIGHI, S. *Elementi di filosofia*, vol. 3, 8.ª ed., La Scuola, Brescia 1988.

2. Monografías

AGAZZI, E., *Filosofia della natura. Scienza e cosmologia*, Piemme, Casale Monferrato 1995.

ALVIRA, R., "«Casus et fortuna» en Sto. Tomás de Aquino, *Anuario Filosófico*, 10 (1977), pp. 27-69.

—, *La noción de finalidad*, EUNSA, Pamplona 1978.

ARECCHI, F. T. - ARECCHI, I., *I simboli e la realtà. Temi e metodi della scienza,* Jaca Book, Milano 1990.

ARTIGAS, M., *La inteligibilidad de la naturaleza*, 2.ª ed., EUNSA, Pamplona 1995.

—, *Las fronteras del evolucionismo*, 5.ª ed., Palabra, Madrid 1992.

—, *Ciencia y fe: nuevas perspectivas*, EUNSA, Pamplona 1992.

—, *El hombre a la luz de la ciencia*, Palabra, Madrid 1992.

—, *El problema de la substancialidad de las partículas elementales*, Pontificia Universidad Lateranense, Roma 1987.

—, "Supuestos e implicaciones del progreso científico", *Scripta Theologica*, 30 (1998), pp. 205-225.

—, "Teleology as a Bridge Between Nature and Transcendence", en: Niels H. GREGERSEN, Michael W. S. PARSONS y Christoph WASSERMANN (editores), *The Concept of Nature in Science & Theology*, Part I, Labor et Fides, Genève 1997, pp. 46-51.

—, "Three Levels of Interaction between Science and Philosophy", en: C. DILWORTH (editor), *Intelligibility in Science*, Rodopi, Amsterdam 1992, pp. 123-144.

—, "Física y creación: el origen del universo", *Scripta Theologica*, 19 (1987), pp. 347-373.

—, *The Mind of the Universe* (en prensa).

BOLZÁN, J. E.

—, (con LARRE, O. L.) "Orden, desorden, azar", *Sapientia*, 49 (1994), pp. 327-336.

—, "Hacia una ontología del tiempo", *Revista de Filosofía* (México), 26 (1993), pp. 83-91.

—, "Cuerpo, materia y materialidad", *Filosofia oggi*, 14 (1991), pp. 509-519.

—, "¿Cantidad o ex-tensión?", *Sapientia*, 45 (1990), pp. 123-134.

—, "Eter y ontología", *Sapientia*, 43 (1988), pp. 269-276.

—, "Algo más sobre el movimiento local", *Sapientia*, 42 (1987), pp. 273-282.

—, "El contacto natural", *Filosofia oggi*, 10 (1987), pp. 423-429.

—, "Ente natural, artefacto, naturalfacto", *Revista de Filosofía* (México), 20 (1987), pp. 262-269.

—, "Fundamentación de una ontología de la naturaleza", *Sapientia*, 41 (1986), pp. 121-132.

—, "El tema del contacto en Aristóteles", *Filosofia oggi*, 9 (1986), pp. 95-103.

BOUTOT, A., *L'invention des formes*, Éditions Odile Jacob, Paris 1993.

CARROLL, W. E., "Big Bang Cosmology, Quantum Tunnelling from Nothing, and Creation", *Laval Théologique et Philosophique*, 44 (1988), pp. 59-75.

CARROLL, W. E. - BALDNER, S. E., *Aquinas on Creation*, Pontifical Institute for Mediaeval Studies, Toronto 1997. (Contiene textos de Tomás de Aquino sobre la creación con un amplio estudio introductorio).

CENCILLO, L., *«Hyle». Origen, concepto y funciones de la materia en el «Corpus Aristotelicum»*, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid 1958.

CONILL, J., *El tiempo en la filosofía de Aristóteles. Un estudio dedicado especialmente al análisis del tratado del tiempo (Física IV, 10-14)*, Facultad de Teología San Vicente Ferrer, Valencia 1981.

CUDEIRO, V., *La finalidad en la naturaleza. Un debate con Nicolás Hartmann*, Universidad Pontificia, Salamanca 1986.

DRIESSEN, A. - SUÁREZ, A. (editores), *Mathematical Undecidability, Quantum Nonlocality and the Question of the Existence of God*, Kluwer, Dordrecht 1997.

DUBARLE, D., "Causalidad y finalidad en Santo Tomás y al nivel de las ciencias modernas de la naturaleza", *Estudios Filosóficos*, 23 (1974), pp. 219-238.

DUVE, C. de, *La célula viva*, Labor, Barcelona 1988.

ECHARRI, J., *Filosofía fenoménica de la naturaleza*, I. *Naturaleza y fenómeno*, Universidad de Deusto, Bilbao 1990.

ELDERS, L. (editor), *La philosophie de la nature de Saint Thomas d'Aquin*, Libreria Editrice Vaticana, Città del Vaticano 1982.

GARAY, J. de, *Los sentidos de la forma en Aristóteles*, EUNSA, Pamplona 1987.

GILSON, E. "Notes pour l'histoire de la cause efficiente", *Archives d'histoire doctrinale et littéraire du Moyen Age*, 37 (1962), pp. 7-31.

HAPP, H., *«Hyle». Studium zum aristotelischen Materie-Begriff*, Walter de Gruyter, Berlin-New York 1971.

HETZLER, F. M., *Introduction to the philosophy of nature*, P. Lang, New York 1990 (Traducción al inglés del Comentario de Tomás de Aquino al Libro I de la *Física* de Aristóteles. Incluye en apéndice un comentario extenso).

ISAK, R. *Evolution ohne Ziel?*, Herder, Freiburg 1992.

JAKI, S. L., *Chance and Reality and other Essays*, University Press of America, Lanham 1986.

—, *Cosmos and Creator*, Scotish Academic Press, Edimburgo 1980.

—, *The Road of Science and the Ways to God,* University of Chicago Press, Chicago 1978.

—, *The Relevance of Physics*, The University of Chicago Press, Chicago-London, 1966.

LUYTEN, N., *Ordo rerum*, Universitätsverlag Freiburg-Schweiz, Friburgo 1969.

—, "Der Begriff der Materia Prima nach Thomas von Aquin", en: L. ELDERS, (editor), *La Philosophie de la nature de Saint Thomas d'Aquin*, Libreria Editrice Vaticana, Città del Vaticano 1982, p. 28-44.

MANSION, A., *Introduction à la Physique aristotélicienne*, Vrin, Paris 1946.

MARCOS, A. *Aristóteles y otros animales. Una lectura filosófica de la Biología aristotélica*, PPU, Barcelona 1996.

—, "Teleología y teleonomía en las ciencias de la vida", *Diálogo Filosófico*, 8 (1992), pp. 42-57.

MARITAIN, J., *Filosofía de la naturaleza*, Club de lectores, Buenos Aires 1947.

MARTÍNEZ, R., *Immagini del dinamismo fisico. Causa e tempo nella storia della scienza,* Armando, Roma 1996.

MCMULLIN, E., "Contingencia evolutiva y finalidad del cosmos", *Scripta Theologica*, 30 (1998), pp. 227-251.

—, "Philosophies of Nature", *The New Scholasticism*, 43 (1969), pp. 29-74.

MORENO, A. "Finality and Intelligibility in Biological Evolution", *The Thomist*, 54 (1990), pp. 1-31.

MURATORE, S., *L'evidenza cosmologica e il problema di Dio*, Ave, Roma 1993.

PÉREZ DE LABORDA, A., "El cuerpo infinito en la Física de Aristóteles", *Cuadernos Salmantinos de Filosofía*, 11 (1984), pp. 47-62.

PETIT, J. M., *La filosofía de la naturaleza como saber filosófico*, Acervo, Barcelona 1980.

PETIT, J. M. - PREVOSTI, A., *Filosofía de la naturaleza*, PPU, Barcelona 1992 (Antología de textos).

PLANCK, M., *La conoscenza del mondo fisico*, Einaudi, Torino, 1942.

POLO, L., *Curso de teoría del conocimiento*, IV, primera parte, EUNSA, Pamplona 1994.

PREVOSTI, A., *Ciencia y trascendencia*, Casals, Barcelona 1987.

—, *La física d'Aristòtil, una ciència filosòfica de la natura,* PPU, Barcelona 1984.

QUERALTÓ, R., *Naturaleza y finalidad en Aristóteles*, Publicaciones de la Universidad de Sevilla, Sevilla 1983.

—, "Teleología y status científico", *Anuario Filosófico*, 13 (1980), pp. 183-191.

—, "Significación filosófica de la causalidad en la física contemporánea", *Anuario Filosófico*, 10 (1977), pp. 145-170.

QUEVEDO, A., *«Ens per accidens». Contingencia y determinación en Aristóteles*, EUNSA, Pamplona 1989.

RE, G. DEL, “Complexity, Organization, Information”, en: G. V. COYNE - K. SCHMITZ-MOORMANN (editores), *Origins, Time & Complexity*, part I, Labor et Fides, Ginebra 1994, pp. 83-92.

SANGUINETI, J. J., *El origen del universo*, Educa, Buenos Aires 1994.

—, *La filosofia del cosmo in S. Tommaso D’Aquino*, Ares, Milano 1987.

—, “La creazione nella cosmologia contemporanea”, *Acta Philosophica*, 4 (1995), pp. 285-313.

—, “Azar y contingencia”, *Sapientia*, 43 (1988), pp. 59-68.

—, “La naturaleza como principio de racionalidad”, *Sapientia*, 41 (1986), p. 55-66.

—, “El concepto de orden”, *Sapientia*, 35 (1980), pp. 559-571.

SARANYANA, J. I., “Santo Tomás. «De aeternitate mundi contra murmurantes»”, *Anuario Filosófico*, 9 (1976), pp. 399-424. (Incluye el texto de ese opúsculo con introducción y comentarios).

SCHUSTER, P., “Biological Information. Its Origin and Processing”, en: C. WASSERMANN - R. KIRBY - B. RORDORFF (editores), *The Science and Theology of Information*, Labor et Fides, Ginebra 1992, pp. 45-57.

SELVAGGI, F., *Causalità e indeterminismo*, Pontificia Università Gregoriana, Roma 1964.

—, “Il problema filosofico delle origini e dell’evoluzione”, en: V. MARCOZZI, - F. SELVAGI, (editores), *Problemi delle origini*, Editrice Università Gregoriana, Roma 1966, pp. 294-334.

—, “La finalità nel mondo fisico”, en: F. Selvaggi, *Scienza e metodologia. Saggi di epistemologia*, Università Gregoriana, Roma 1962, pp. 28-40.

SPAEMANN, R., *Die Frage Wozu*, Piper, München 1985.

—, (editor), *Evolutionismus und Christentum*, Acta Humaniora VCH, Weinheim 1986.

SUÁREZ, A. “Unentscheidbarkeit, Unbestimmtheit, Nicht-Lokalität. Gibt es unverfügbare Kausalverbindungen in der physikalischen Wirklichkeit?”, en: H. C. REICHEL - E. PRAT (editores), *Naturwissenschaft und Weltbild. Mathematik und Quantenphysik in unserem Denk- und Wertesystem*, Verlag Hölder-Pichler-Tempsky, Wien 1992, pp. 223-264.

TANZELLA-NITTI, G., *Questions in Science and Religious Belief*, Pachart, Tucson (Arizona) 1992.

VICENTE BURGOA, L., *El problema de la finalidad*, Universidad Complutense, Madrid 1981.

WALLACE,W. A., *Causality and Scientific Explanation*, University Press of America, Washington 1981.

—, “The Intelligibility of Nature: A Neo-Aristotelian View”, *The Review of Metaphysics*, 38 (1984), pp. 33-56.

WEISHEIPL, J. A., *Nature and Motion in the Middle Ages*, Catholic University of America Press, Washington 1985.

WIELAND, W., *Die aristotelische Physik: Untersuchen über die Grundlegung der Naturwissenschaft und die sprachlichen Bedingungen der Prinzipienforschung bei Aristoteles*, Vandenhoeck & Ruprecht, Göttingen 1970.

ZUBIRI, X., *Espacio, Tiempo, Materia*, Alianza, Madrid 1996.

—, *Estructura dinámica de la realidad*, Alianza, Madrid 1989.

—, *Naturaleza, historia, Dios*, 8.ª ed, Editora Nacional, Madrid 1981.

ZYCINSKI, J., “Las leyes de la naturaleza y la inmanencia de Dios en el universo en evolución”, *Scripta Theologica*, 30 (1998), pp. 261-278.

Índice de nombres